

# Analisis Kinerja Membran PVC-TiO<sub>2</sub> dengan Variasi Waktu dan Tekanan Operasi dalam Mereduksi TDS, Kekeruhan dan Total *Coliform* pada Sungai Jagir

Della Putri Adjani, Restu Hikmah Ayu Murti\*

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan “Veteran” Jawa Timur, Surabaya

\*Koresponden email: restu.hikmah.tl@upnjatim.ac.id

Diterima: 7 Oktober 2025

Disetujui: 20 Oktober 2025

## Abstract

The Jagir River has experienced a decline in water quality due to domestic and industrial activities, with pollutant parameters such as TDS, turbidity, and total coliform exceeding the quality standards. This study aims to analyze the effect of operating time and pressure variations of PVC-TiO<sub>2</sub> ultrafiltration membranes on the removal capability of TDS, turbidity, and total coliform parameters as well as the flux rate of the membrane. The addition of TiO<sub>2</sub> aims to increase the flux rate of the UF membrane. This research method involves adsorption pre-treatment using granular activated carbon (GAC) before the ultrafiltration process with varying pressures (1; 1.5; 2 bar) and operating time (15 – 75 minutes). The results showed that adsorption pre-treatment was able to reduce turbidity (95.45%), total coliform (59.93%), and TDS (18.89%). The combination of 2 bar pressure with an operating duration of 75 minutes resulted in the highest removal efficiency for all three parameters, namely total coliform (100%), turbidity (96.90%), and TDS (18.84%). TiO<sub>2</sub> coating increases the membrane flux rate at the start of operation, especially at high pressures, but over time it decreases drastically due to fouling.

**Keywords:** *water quality, pvc-tio<sub>2</sub> ultrafiltration, pressure and operating time, membrane flux rate, total coliform, jagir river*

## Abstrak

Sungai Jagir mengalami penurunan kualitas air akibat aktivitas domestik dan industri, dengan parameter pencemar seperti TDS, kekeruhan, dan total *coliform* yang melebihi baku mutu. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh waktu pengoperasian serta variasi tekanan membran ultrafiltrasi PVC-TiO<sub>2</sub> terhadap kemampuan penyisihan parameter TDS, kekeruhan, dan total *coliform* serta laju fluks dari membran. Penambahan TiO<sub>2</sub> bertujuan untuk meningkatkan laju fluks dari membran UF. Metode penelitian ini melibatkan *pre-treatment* adsorpsi menggunakan karbon aktif granular (GAC) sebelum proses ultrafiltrasi dengan variasi tekanan (1; 1,5; 2 bar) dan waktu operasi (15 – 75 menit). Hasil penelitian menunjukkan bahwa *pre-treatment* adsorpsi mampu menurunkan kekeruhan (95,45%), total *coliform* (59,93%), dan TDS (18,89%). Kombinasi tekanan 2 bar dengan durasi operasi 75 menit menghasilkan efisiensi penyisihan tertinggi pada ketiga parameter, yaitu total *coliform* (100%), kekeruhan (96,90%), dan TDS (18,84%). Pelapisan TiO<sub>2</sub> membuat laju fluks membran meningkat pada awal pengoperasian terutama pada tekanan yang tinggi namun seiring berjalannya waktu mengalami penurunan yang drastis akibat dari *fouling*.

**Kata Kunci:** *kualitas air, ultrafiltrasi pvc-tio<sub>2</sub>, tekanan dan waktu operasi, laju fluks membran, total coliform, sungai jagir*

## 1. Pendahuluan

Ketersediaan air bersih merupakan salah satu tantangan yang semakin mendesak, terutama di kawasan padat penduduk seperti di perkotaan [1]. Sungai Jagir merupakan salah satu sumber air permukaan vital di Kota Surabaya dan yang digunakan sebagai air baku untuk PDAM Kota Surabaya [2]. Kualitas air menurun seiring dengan berkembangnya aktivitas domestik dan industri yang menjadi masalah lingkungan yang perlu diperhatikan [3]. Beberapa parameter yang dapat mengindikasikan bahwa kualitas air tercemar adalah parameter *Total Dissolved Solid* (TDS), kekeruhan, dan bakteri *total coliform*. Parameter TDS merupakan padatan terlarut total yang terlarut dalam suatu badan perairan [4]. Beberapa parameter yang dapat mengindikasikan bahwa kualitas air tercemar adalah parameter *Total dissolved solids* (TDS), kekeruhan, dan bakteri *total coliform* [5]. Parameter tersebut dapat mewakili polutan fisika, kimia, dan mikrobiologis yang berpotensi membahayakan kesehatan manusia dan ekosistem air [6].

Teknologi membran ultrafiltrasi merupakan salah satu metode efektif untuk mengatasi permasalahan tersebut [7]. Membran ultrafiltrasi mampu menyaring partikel, koloid, dan mikroorganisme yang memiliki ukuran sangat kecil [8]. Membran dengan bahan polimer *Polyvinyl Chloride* (PVC) dipilih dikarenakan memiliki kekuatan mekanik yang tinggi, memiliki ketahanan kimia yang baik, biaya yang cukup rendah, dan kuat terhadap suhu termal [9]. Namun, membran PVC memiliki sifat hidrofobik sehingga dapat menghambat laju air [10]. Selain itu, kinerja membran UF seringkali terhambat oleh penumpukan partikel pada pori dan dalam membran (*fouling*) seiring dengan waktu pengoperasian [11]. Pelapisan membran dengan bahan aditif Titanium Dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) merupakan salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan ini [12]. Penambahan  $\text{TiO}_2$  bertujuan untuk meningkatkan sifat hidrofilitas membran sehingga dapat meminimalkan terjadinya *fouling* [13].

Selain dengan penambahan bahan aditif  $\text{TiO}_2$ , permasalahan *fouling* pada membran juga dapat dicegah dengan menggunakan pengolahan awal [14]. Adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif GAC dapat menjadi salah satu alternatif untuk mengurangi risiko terjadinya *fouling* [15]. Menurut Yuliani et al. (2019), adsorpsi karbon aktif dapat mengurangi bahan organik, *Total Organic Carbon* (TOC), *Dissolved Organic Carbon* (DOC), serta kontaminan dalam air [16].

Efektivitas ultrafiltrasi membran sangat ditentukan oleh parameter operasional [17]. Waktu pengoperasian serta variasi tekanan yang digunakan merupakan variabel yang dapat memengaruhi hasil pengolahan ultrafiltrasi [18]. Tekanan operasi yang lebih tinggi umumnya meningkatkan laju permeat dan efisiensi penyisihan kontaminan, namun juga akan menimbulkan risiko *fouling* lebih cepat [19]. Waktu pengoperasian berkorelasi dengan akumulasi lapisan *fouling* yang dapat menurunkan efisiensi penyaringan polutan dalam air dalam jangka waktu yang panjang [20]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh waktu pengoperasian membran serta variasi tekanan pada membran ultrafiltrasi PVC- $\text{TiO}_2$  yang dilengkapi dengan pengolahan awal adsorpsi karbon aktif GAC, terhadap penurunan parameter TDS, kekeruhan, dan total *coliform* pada Sungai Jagir, guna menentukan kondisi optimal untuk pengolahan yang efektif [21].

## 2. Metode Penelitian

### *Pelapisan Membran Ultrafiltrasi dengan $\text{TiO}_2$*

Pembuatan lapisan Titanium Dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) pada membran ultrafiltrasi dilakukan dengan menggunakan metode dip-coating.  $\text{TiO}_2$  sebanyak 10% dilarutkan dengan aquades lalu diaduk hingga homogen. Selanjutnya, membran ultrafiltrasi *hollow fiber* dicelupkan pada larutan  $\text{TiO}_2$  yang sudah dibuat selama 1 jam. Kemudian, membran dikeringkan dalam suhu ruang selama 24 jam.

### *Proses Penelitian*

Reaktor terdiri dari 2 proses, yaitu proses adsorpsi karbon aktif dan membran ultrafiltrasi. Proses adsorpsi karbon aktif menggunakan adsorben dengan jenis *Granular Activated Carbon* (GAC) sebanyak 3,5 kg, dengan ukuran bak adsorpsi sebesar 25 L dan waktu tinggal selama 10 menit. Kemudian air yang sudah dilakukan proses adsorpsi akan ditampung pada bak penampung adsorpsi yang kemudian akan dilanjutkan dengan pengolahan membran ultrafiltrasi. Membran ultrafiltrasi yang digunakan berbahan *Polyvinyl Chloride* (PVC) berbentuk *hollow fiber* dengan ukuran 10 inch. Proses ultrafiltrasi dilakukan selama 75 menit dan dilakukan analisis pada parameter TDS, kekeruhan, dan total *coliform* setiap kelipatan 15 menit. Proses UF dilakukan sebanyak 3 kali dengan penggunaan variasi tekanan yang berbeda, yaitu tekanan 1 bar, 1,5 bar, dan 2 bar. Air yang sudah dilakukan proses ultrafiltrasi kemudian akan ditampung pada bak permeat untuk dilakukan analisis.

### *Analisis Persen Removal*

Dalam penelitian ini digunakan metode analisis kemampuan penyisihan kadar TDS, kekeruhan, dan total *coliform* setelah dilakukannya proses *pre-treatment* adsorpsi karbon aktif, dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$\% \text{ removal} = \frac{\text{konsentrasil awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\%$$

### *Analisis Persen Rejeksi*

Untuk mengetahui kemampuan membran ultrafiltrasi dalam menahan atau melewati spesi tertentu dapat dilihat berdasarkan persen rejeksi. Persen rejeksi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan: R = koefisien rejeksi (%)

$C_p$  = konsentrasi zat terlarut dalam permeat (mg)  
 $C_f$  = konsentrasi zat terlarut dalam umpan (mg)

*Analisis Nilai Fluks*

Analisis laju fluks bertujuan untuk mengetahui laju air yang dapat melewati membran. Nilai fluks dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$J = \frac{Q}{A \times t}$$

Keterangan:  $J$  = nilai fluks ( $L.m^{-2}.jam^{-1}$ )  
 $t$  = waktu (jam)  
 $Q$  = volume permeat (L)  
 $A$  = luas permukaan membran ( $m^2$ )

**3. Hasil dan Pembahasan**

Penelitian ini menganalisis mengenai pengaruh waktu serta tekanan pengoperasian terhadap kemampuan membran ultrafiltrasi dalam menurunkan parameter TDS, kekeruhan, dan total coliform. Proses pengolahan dilakukan dengan pre-treatment menggunakan adsorpsi karbon aktif. Berdasarkan penelitian, didapatkan hasil analisis sebagai berikut:

***Pengaruh Pre-treatment Adsorpsi Karbon Aktif dalam Menurunkan TDS, Kekeruhan, dan Total Coliform***

*Pre-treatment* menggunakan adsorpsi karbon aktif sebelum pengolahan membran ultrafiltrasi memiliki peran penting dalam meningkatkan efisiensi pengolahan air. Karbon aktif memiliki luas permukaan dan porositas yang cukup tinggi sehingga sebagai adsorben mampu mengikat bahan organik, partikel halus, dan senyawa kimia pada air dengan cukup efektif. Dengan menghilangkan kontaminan-kontaminan tersebut sebelum proses membran UF, maka akan menurunkan risiko terjadinya *fouling* pada pori serta dalam membran sehingga dapat meningkatkan laju fluks serta kemampuan filtrasi dari membran. Adapun hasil dari proses adsorpsi karbon aktif terhadap nilai TDS, kekeruhan dan total *coliform* sebagai berikut.

**Tabel 1.** Hasil Adsorpsi Karbon Aktif

Parameter	Satuan	Waktu Tinggal	Konsentrasi Awal	Konsentrasi Akhir	Persen Removal (%)
TDS	ppm	10 menit	360	292	18,89
Kekeruhan	NTU		170	7,74	95,45
Total <i>Coliform</i>	MPN/100mL		5990	3000	49,92

Berdasarkan **Tabel 1** dapat dilihat terdapat penurunan konsentrasi pada ketiga parameter setelah dilakukannya proses adsorpsi karbon aktif. Pada parameter *Total Dissolved Solid* (TDS) memiliki kadar awal 360 ppm dan mengalami penurunan menjadi 292 ppm. Menurunnya nilai TDS setelah dilakukannya proses adsorpsi menunjukkan bahwa mineral dan bahan organik pembentuk TDS telah terserap pada permukaan adsorben [9].

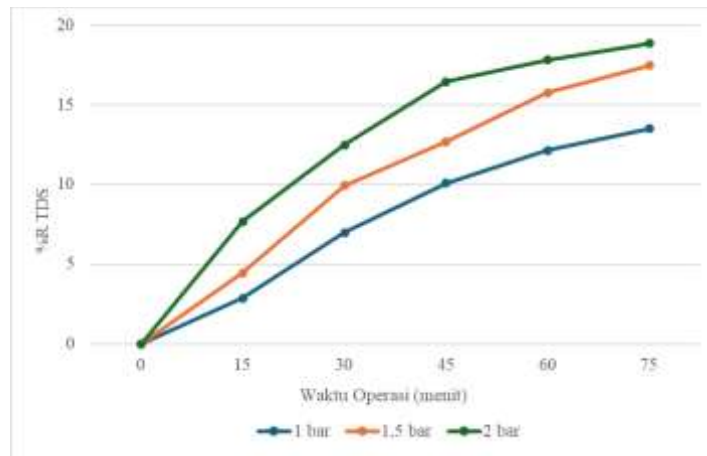
Parameter kekeruhan menunjukkan hasil akhir yang sangat baik setelah dilakukannya proses adsorpsi. Nilai kekeruhan turun sebesar 95,45%, dengan kadar awal 170 NTU menjadi 7,74 NTU. Kekeruhan dalam air disebabkan oleh zat organik, koloid, dan partikel tersuspensi yang menyebabkan air menjadi keruh. Penurunan nilai kekeruhan pada hasil pengolahan disebabkan oleh karbon aktif yang memiliki sifat daya serap yang dapat menghilangkan bahan-bahan terlarut dalam air [8].

Adsorpsi karbon aktif terlihat cukup efektif dalam menurunkan kandungan total *coliform* pada air sungai, dengan nilai persen removal sebesar 49,92%. Pori adsorben mampu mengikat dan menyerap bakteri dan mikroorganisme pada air sungai sehingga jumlah bakteri pada air hasil pengolahan adsorpsi dapat menurun [10].

Pra-perlakuan adsorpsi karbon aktif sebelum pengolahan membran UF mampu mengurangi TDS, kekeruhan, dan total *coliform* pada air umpan sehingga penyebab terjadinya *fouling* dapat diminimalkan. Berdasarkan penelitian [7], *pre-treatment* adsorpsi dapat mengurangi intensitas *fouling* membran selama ultrafiltrasi. Penggunaan *pre-treatment* dapat menjaga fluks permeat lebih stabil dan membran memiliki umur pakai yang lebih panjang.

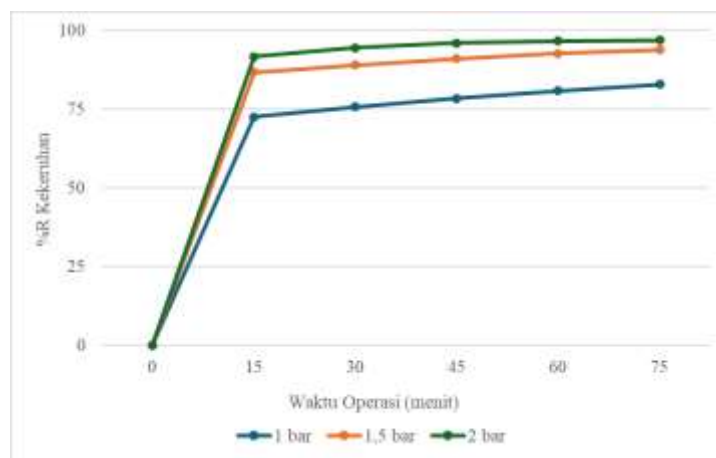
**Pengaruh Waktu Pengoperasian serta Tekanan Membran Terhadap Persen Rejeksi Kekeuhan dan Total Coliform**

Pengaruh waktu dan tekanan pengoperasian terhadap persen rejeksi parameter *Total Dissolved Solid* (TDS), kekeuhan, dan total *coliform* disajikan pada **Gambar 1**.



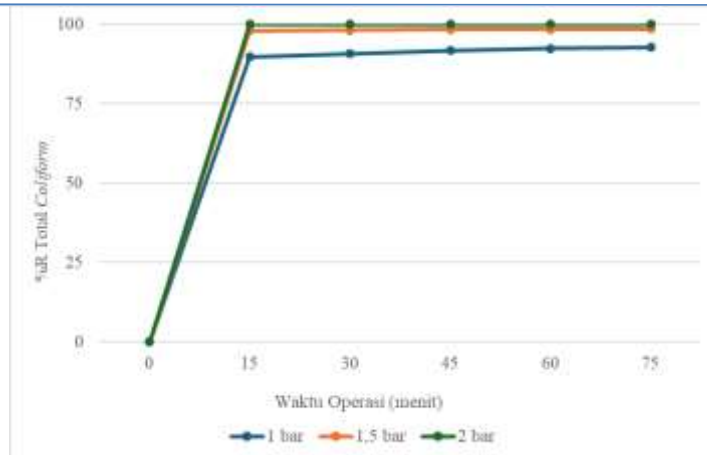
**Gambar 1.** Pengaruh Waktu dan Tekanan Operasi terhadap Persen Rejeksi TDS

Berdasarkan **Gambar 1**, dapat terlihat bahwa membran ultrafiltrasi tidak cukup efektif dalam menurunkan parameter TDS, ditunjukkan dengan persen rejeksi tertinggi sebesar 18,84%. Hal ini disebabkan oleh TDS terbentuk oleh ion-ion terlarut yang memiliki ukuran lebih kecil daripada ukuran pori membran ultrafiltrasi sehingga pori membran tidak mampu menyaring partikel pembentuk TDS [6]. Oleh karena itu, variasi tekanan serta waktu operasi membran tidak berpengaruh banyak terhadap penurunan TDS. Penurunan TDS menunjukkan nilai yang cukup konstan dan hanya menurun sedikit pada setiap kenaikan waktu operasi dan kenaikan tekanan operasi.



**Gambar 2.** Pengaruh Waktu dan Tekanan Operasi terhadap Persen Rejeksi Kekeuhan

Pada parameter kekeuhan menunjukkan hasil yang cukup berbeda. Dapat dilihat berdasarkan **Gambar 2**, bahwa membran ultrafiltrasi sangat efektif dalam menurunkan kekeuhan. Pada menit awal pengoperasian membran ultrafiltrasi mampu merejek hingga 91,60% pada tekanan 2 bar dan naik hingga 96,90% pada menit ke-75 dengan tekanan 2 bar. Hal ini disebabkan oleh kekeuhan terbentuk dari partikel koloid, bahan organik, dan partikel tersuspensi yang memiliki ukuran 1 – 20 mikrometer [2] sehingga dapat tersaring pada pori membran ultrafiltrasi. Penurunan kekeuhan oleh membran UF mengalami peningkatan pada setiap kenaikan tekanan, hal ini disebabkan oleh tingginya tekanan menghasilkan laju fluks yang lebih cepat sehingga menyebabkan proses penyaringan terjadi lebih cepat.



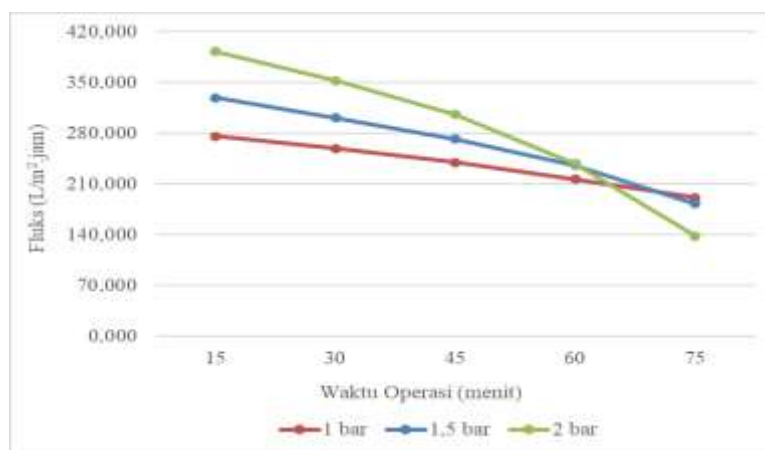
Gambar 3. Pengaruh Waktu dan Tekanan Operasi terhadap Persen Rejeksi Total Coliform

Parameter total coliform menunjukkan hasil yang hampir sama dengan parameter kekeruhan. Membran ultrafiltrasi dengan efektif dapat menurunkan total coliform hingga sepenuhnya dengan waktu operasi selama 75 menit dan tekanan 2 bar. Total coliform memiliki ukuran patogen sebesar  $0,5 - 3 \mu\text{m}$  yang menyebabkan dapat tersaring pada pori membran ultrafiltrasi. Sehingga penggunaan tekanan pada membran ultrafiltrasi akan menyebabkan kenaikan pada nilai persen rejeksi. Waktu pengoperasian juga berperan terhadap nilai persen rejeksi, semakin lama waktu pengoperasian maka akan terbentuk lapisan *fouling* pada permukaan membran. Namun dikarenakan total coliform memiliki ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan pori membran, menyebabkan nilai rejeksi yang tetap tinggi selama waktu pengoperasian.

Secara keseluruhan, waktu pengoperasian serta tekanan berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan kekeruhan dan total *coliform*, sedangkan pada parameter TDS tidak menunjukkan perbedaan yang cukup jauh. Pada ketiga parameter menunjukkan bahwa pada awal pengoperasian terdapat kenaikan persen rejeksi. Namun seiring berjalannya waktu, persen rejeksi cenderung konstan dan meningkat hanya sedikit. Hal ini disebabkan oleh telah terbentuknya lapisan *fouling* pada permukaan dan dalam membran sehingga dapat menurunkan kinerja membran ultrafiltrasi [3]. Sedangkan peningkatan tekanan berpengaruh terhadap penurunan nilai kekeruhan dan total *coliform*. Peningkatan tekanan dapat meningkatkan rejeksi karena meningkatkan mekanisme penyaringan. Namun tekanan yang lebih tinggi juga dapat mempercepat terjadinya *fouling* dini akibat aliran yang lebih cepat dan menyebabkan penumpukan pada permukaan membran.

#### **Pengaruh Waktu Pengoperasian serta Tekanan Membran terhadap Laju Fluks Membran**

Laju fluks membran ultrafiltrasi sangat dipengaruhi oleh tekanan serta waktu pengoperasian. Tekanan yang tinggi, cenderung menghasilkan laju fluks yang tinggi. Pada awal pengoperasian, laju fluks biasanya menunjukkan nilai yang cukup tinggi, namun seiring berjalannya proses ultrafiltrasi, terjadi penurunan laju fluks yang cukup signifikan. Pengaruh dari waktu pengoperasian serta tekanan membran terhadap nilai fluks digambarkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh Waktu dan Tekanan terhadap Laju FLuks

Berdasarkan **Gambar 4** di atas, dapat dilihat bahwa nilai fluks awal meningkat seiring dengan meningkatnya tekanan. Nilai fluks awal tertinggi dicapai oleh tekanan 2 bar, sedangkan nilai terendah pada tekanan 1 bar. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar tekanan yang digunakan maka semakin tinggi laju fluks yang diperoleh. Hal ini disebabkan oleh tekanan dapat memperbesar gaya dorong air umpan sehingga jumlah air yang melewati membran dalam satuan waktu semakin tinggi. Semakin besar tekanan yang digunakan maka akan semakin besar gaya dorong yang dihasilkan dan semakin besar juga nilai volume permeat yang dihasilkan [4].

Seiring lamanya waktu operasi membran, laju fluks dari ketiga variasi tekanan menunjukkan penurunan. Penurunan fluks pada waktu yang lama disebabkan oleh terjadinya *fouling* dan polarisasi konsentrasi, yaitu penumpukan partikel, koloid, dan zat organik pada permukaan membran sehingga menyebabkan tersumbatnya pori membran. Waktu pengoperasian membran merupakan salah satu faktor yang berkaitan langsung dengan terjadinya *fouling* pada membran. Seiring berjalannya waktu operasi, partikel-partikel akan terakumulasi dan membentuk lapisan pada permukaan membran. Akibat dari *fouling* ini fluks air akan menurun seiring dengan bertambahnya waktu pengoperasian.

#### 4. Kesimpulan

*Pre-treatment* menggunakan karbon aktif GAC untuk adsorpsi mampu mengurangi parameter awal dengan cukup baik, yaitu kekeruhan sampai 95,45%, total *coliform* hingga 49,92%, dan TDS sebesar 18,89%. Penurunan kadar polutan ini berkontribusi untuk memperingan beban kerja membran saat memfilter air sampel dan dapat meningkatkan laju aliran dari membran.

Lama waktu operasional memberi dampak pada persentase penolakan membran ultrafiltrasi. Semakin lama membran dioperasikan, maka nilai persentase penolakannya jadi lebih tinggi. Namun, perlu diingat bahwa membran memiliki batas waktu pemakaian, dan semakin lama penggunaannya, efisiensi dalam menyaring parameter TDS, kekeruhan, dan total *coliform* tidak sebaik saat pertama kali digunakan.

Tekanan yang diterapkan pada membran mempengaruhi efektivitas membran dalam menyaring partikel pencemar. Pada kondisi tekanan 2 bar, ultrafiltrasi membran dapat mencapai 100% untuk total *coliform*, 96,90% untuk kekeruhan, dan 18,836% untuk TDS. Di tekanan 1,5 bar, persentase penolakan tertinggi mencapai 98,433% untuk total *coliform*, 93,80% untuk kekeruhan, dan 17,466% untuk TDS. Sementara pada tekanan 1 bar, persentase penolakan tertingginya adalah 92,667% untuk total *coliform*, 82,82% untuk kekeruhan, dan 13,493% untuk TDS. Ini menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada setiap tingkat tekanan. Namun, peningkatan tekanan juga dapat mempercepat pembentukan *fouling* di permukaan membran, yang selanjutnya mungkin menurunkan efisiensi penolakan dari membran tersebut.

#### 5. Referensi

- [1] Anzjarwati, S., Basilia, L., Aradiyah, A., dan Purnaini. Penyisihan Kadar TDS, pH, dan Total Coliform dalam Pengolahan Air Hujan Menjadi Air Siap Minum. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, Vol. 3, pp. 429-438, 2023.
- [2] Ariesta, E. Gultom, F., dan Rahman, R. Analisis Kualitas Air Berdasarkan Parameter Fisika dan Parameter Kimia di Kawasan Universitas Bengkulu Menggunakan Metode IP (Indeks Pencemaran). *Laboratory Journal: Jurnal Laboratorium Sains Terapan Program Studi D3 Laboratorium Sains*, Vol. 1, pp. 16-27, 2024.
- [3] Azmi, L. S., Jabit, N. A., Ismail, S., Ishak, K. dan Abdullah, T. Membran Filtration Technologies for Sustainable Industrial Wastewater Treatment: a Review of Heavy Metal Removal. *Desalination and Water Treatment* 323, Vol. 101, pp. 1-14, 2025.
- [4] E. Elfiana, Sami, M., Intan, S. K., Kurniati, Aziz, A., & Farisha, S. Pengaruh Waktu Dan Tekanan Operasi Membran Keramik Mikrofiltrasi Tubular Terhadap Koefesien Rejeksi Warna Air Rawa Secara Crossflow Filtration. *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, Vol. 5, pp. 152–160, 2022.
- [5] Ghazanfari, D., Bastani, D., & Mousavi, S. A. Preparation and Characterization of Poly (Vinyl Chloride) (PVC) Based Membran for Wastewater Treatment. *Journal of Water Process Engineering*, Vol. 16, pp. 98–107, 2017.
- [6] Hendro, M., & Sulastiningrum, R. Pemisahan Kromium dan Nikel dari Limbah Cair Elektroplating dengan Proses Ultrafiltrasi. *Teknik Kimia*, pp. 1–7. 2015.
- [7] Martini, S. dan Elfidiah. Pengolahan Limbah Cair Minyak Kanola Menggunakan Kombinasi Adsorpsi dan Membran Ultrafiltrasi Polimer. *Jurnal Kinetika*, Vol. 10, pp. 36-41, 2019.

- [8] Marwanto, M. & Mulyati, S. Pengaruh Arang Aktif Kuliati Durian Sebagai Adsorban dalam Menurunkan Kekeruhan Air Sumur Gali di Kelurahan Padang Serai Kota Bengkulu. *Journal of Nursing and Public Health*, Vol. 10, pp. 1-6. 2022.
- [9] Miarti, A., & Anike, R. S. Efektivitas Karbon Aktif Tongkol Jagung Terhadap Kadar pH, TSS dan TDS pada Limbah Cair PT Perta Samtan Gas. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, Vol. 13, pp. 18–24, 2022.
- [10] Purwoto, S. Peningkatan Mutu Air Sungai Surabaya Berbasis Treatment Koagulasi, Absorpsi, dan Ion Exchange. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, Vol. 21, 2023.
- [11] Rahayu, S. R., Pribadi, A., Sulistiya, N., Setyowati, R. D. N., & Utama, T. T. Perencanaan Unit Pengolahan Lumpur di Instalasi Pengolahan Air Minum X Kota Surabaya. *Jurnal Teknologi Technoscientia*, Vol. 13, pp. 76–82, 2020.
- [12] Rahayu, S. R., Pribadi, A., Sulistiya, N., Setyowati, R. D. N., & Utama, T. T. Perencanaan Unit Pengolahan Lumpur di Instalasi Pengolahan Air Minum X Kota Surabaya. *Jurnal Teknologi Technoscientia*, Vol. 13, pp. 76–82, 2020.
- [13] Wibisono, I. A., Purwanti, M. S., & Aziz, A. S. Analisis Penurunan Fluks Membran Ultrafiltrasi Akibat Fouling Organik pada Pengolahan Air Permukaan. *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol. 10, pp. 110-118, 2021.
- [14] Yuliani, A., Mahmud, & Abdi, C. Peningkatan Kinerja Membran Ultrafiltrasi Aliran Dead-end pada Penyisihan Bahan Organik dalam Efluen IPAL Domestik dengan Pra-Perlakuan Adsorpsi. *JTAM Teknik Lingkungan Universitas Lambung Mangkurat*, Vol. 2, pp. 23-38. 2019.
- [15] Yulianto, A., Mustofa, H., & Darmawan, S. Synthesis and Characterization of PVC/TiO<sub>2</sub> Composite Membrane for Humic Acid Removal. *Materials Today: Proceedings*, Vol. 31, pp. 350-355, 2020.