

# Evaluasi Aspek Teknis Kualitas Air Membran Ultrafiltrasi dalam Pengolahan Air Minum (Studi Kasus: IPA Krian Perumda Air Minum Sidoarjo)

Nada Fikna Salsabila<sup>1</sup>, Eddy Setiadi Soedjono<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumihan,  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Jawa Timur

**Koresponden email:** fiknasalsabila@gmail.com, soedjono@enviro.its.ac.id

Diterima: 9 Desember 2023

Disetujui: 11 Desember 2023

## Abstract

The Sidoarjo Regional Public Company (Perumda) is a regionally owned business entity that participates in managing and providing clean water which will be distributed to the people of Sidoarjo Regency. The Sidoarjo Drinking Water Company, especially the Krian IPA, uses the main channel to supply raw water from the Mangetan Canal which passes through seven sluice gates to irrigate 17,583 Ha of rice fields. The series of air treatment installations at Perumda Air Minum Sidoarjo are coagulation units, flocculation units, sedimentation units and ultrafiltration membranes. However, not all technology can be implemented optimally due to considerations of costs and Perumda personnel. The problem is that the ultrafiltration membrane unit at Perumda Air Minum Sidoarjo is not activated. Therefore, the aim of the research is to determine the ineffectiveness of ultrafiltration membranes at Perumda Air Minum Sidoarjo in terms of technical aspects, namely the quality of water resulting from membrane processing in 2016-2020. The results of the research on the technical aspect, namely data on water quality parameters for turbidity and color for 2016-2020, have complied with Minister of Health Regulation Number 2 of 2023 for drinking water quality standards, the rejection percentage for turbidity parameters was 69.39% - 95.48%; the percentage of color parameter rejection was 43.60% - 61.6% with the resulting flux value decreasing.

**Keywords:** *drinking water, technical aspects, drinking water treatment plants, membrane technology, sidoarjo drinking water company*

## Abstrak

Perusahaan Umum Daerah (Perumda) Sidoarjo merupakan badan usaha milik daerah yang berperan mengelola dan menyediakan air bersih yang akan didistribusikan kepada masyarakat Kabupaten Sidoarjo. Perusahaan Air Minum Sidoarjo khususnya IPA Krian menggunakan saluran utama untuk menyuplai air baku dari Kanal Mangetan yang melewati tujuh pintu air untuk mengairi sawah seluas 17.583 Ha. Rangkaian instalasi pengolahan air di Perumda Air Minum Sidoarjo yaitu unit koagulasi, unit flokulasi, unit sedimentasi, dan membran ultrafiltrasi. Namun tidak semua teknologi dapat diimplementasikan secara maksimal karena pertimbangan biaya serta personil perumda. Permasalahan dalam yaitu unit membran ultrafiltrasi di Perumda Air Minum Sidoarjo yang dinonaktifkan. Oleh karena itu, tujuan penelitian yaitu untuk mengetahui ketidakefektifan membran ultrafiltrasi di Perumda Air Minum Sidoarjo ditinjau dari aspek teknis yaitu kualitas air hasil pengolahan membran pada tahun 2016-2020. Hasil penelitian pada aspek teknis yaitu data kualitas air parameter kekeruhan dan warna tahun 2016-2020 telah memenuhi Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 untuk baku mutu air minum, persentase rejeksi parameter kekeruhan sebesar 69,39% - 95,48%; persentase rejeksi parameter warna sebesar 43,60% - 61,6% dengan hasil nilai *fluks* yang mengalami penurunan.

**Kata Kunci:** *air minum, aspek teknis, pengolahan air minum, membran ultrafiltrasi, perumda air minum sidoarjo*

## 1. Pendahuluan

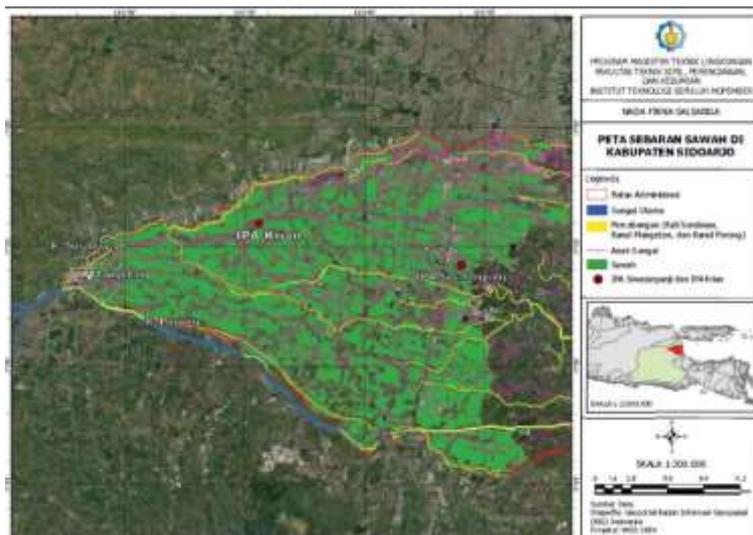
Air bersih merupakan salah satu bagian dari 17 tujuan agenda global baru atau *Sustainable Development Goals* (SDGs). Tujuan air bersih pada SDGs terdapat pada poin ke enam yaitu menjamin ketersediaan pada air bersih maupun sanitasi untuk seluruh orang secara berkelanjutan. Peningkatan jumlah penduduk menyebabkan kebutuhan terhadap air bersih semakin meningkat dan kualitas air permukaan semakin menurun karena banyaknya pencemaran [1]. Oleh karena itu, ketersediaan air baku sebelum digunakan sebagai air minum harus melalui pengolahan yang sesuai.

Jawa Timur merupakan provinsi yang memiliki salah satu sungai terpanjang yaitu Sungai Brantas. Sungai Brantas sepanjang 320 km dan memiliki zona tangkapan air dengan luas 11.800 km<sup>2</sup> yang dimanfaatkan sebagai area pertanian [2]. Instalasi pengolahan air minum di Jawa Timur disebut Perusahaan Umum Daerah (Perumda) Air Minum Sidoarjo yang memiliki peran sebagai pengelola dan penyedia air bersih yang akan didistribusikan kepada penduduk Kabupaten Sidoarjo yang menggunakan saluran utama untuk memasok air baku dari Kanal Mangetan dan melewati tujuh pintu air untuk mengairi sawah seluas 17.583 Ha. Instalasi pengolahan air minum yang digunakan dalam penelitian yaitu IPA Krian. IPA Krian memiliki enam instalasi pengolahan air konvensional yang meliputi koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan desinfeksi serta memiliki satu instalasi menggunakan teknologi membran ultrafiltrasi. Namun pada realitanya tidak semua teknologi dapat diterapkan begitu saja dengan pertimbangan biaya dan sumber daya manusia. Oleh karena itu, penelitian membahas mengenai kegagalan atau ketidakefektifan membran ultrafiltrasi untuk mengolah air minum.

Membran ultrafiltrasi diaplikasikan pada pengolahan air minum. Membran ultrafiltrasi dapat menyisihkan virus, bakteri, partikel koloid yang berukuran 0,002 – 0,1 µm dengan tekanan 20 – 30 psi [3]. Kelebihan membran ultrafiltrasi dalam mengolah air minum yaitu dapat digunakan pada pengolahan air minum dengan kandungan organik yang rendah [4]. Terdapat masalah yang terjadi pada pengoperasian membran ultrafiltrasi yaitu *fouling*. *Fouling* disebut juga penyumbatan yang disebabkan karena terjadinya pengumpulan material pada membran yang dapat menyebabkan terjadinya penurunan nilai *fluks* permeat [5]. *Fouling* dapat terjadi lebih cepat dan dapat menyebabkan kerusakan pada membran jika tidak adanya *pretreatment* yang memadai [6]. Berdasarkan latar belakang tersebut, Jawa Timur memiliki salah satu instalasi pengolahan air minum yang menggunakan unit membran ultrafiltrasi yaitu Perumda Air Minum Sidoarjo. Oleh karena itu, penelitian ini menganalisis unit membran di instalasi pengolahan air Perumda Air Minum Sidoarjo pada aspek teknis. Aspek teknis yang dibahas adalah mengetahui hasil parameter kualitas air berupa kekeruhan dan warna serta membandingkannya dengan peraturan air minum yang berlaku di Indonesia.

## 2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan untuk pengambilan air baku yaitu SNI Nomor 6989.57-2008 tentang Air dan Air Limbah Bagian 57: Metoda Pengambilan Contoh Air Permukaan. Sedangkan baku mutu air baku air minum mengacu kepada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup Lampiran VI Kelas II dan baku mutu air minum yang digunakan yaitu Permenkes Nomor 2 Tahun 2023. Data kualitas air yang digunakan yaitu kualitas air parameter kekeruhan dan warna saat membran ultrafiltrasi dioperasikan di IPA Krian Perumda Air Minum Sidoarjo tahun 2016-2020. Lokasi studi penelitian yaitu pada IPA Krian dengan titik koordinat 7°24'49.31"S 112°34'31.40"E yang dapat dilihat pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Lokasi IPA Krian Perumda Air Minum Sidoarjo

IPA Krian Perumda Air Minum Sidoarjo memiliki proses ultrafiltrasi membran sejak tahun 2014 yang dioperasikan pada tahun 2016-2020. Namun, pada tahun 2020 membran tersebut berhenti beroperasi. Desain kriteria membran ultrafiltrasi dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Desain Kriteria Membran Ultrafiltrasi Perumda Air Minum Sidoarjo

Parameter	Unit
Merek	Hyflux Kristal K-600ET0820
Luas Permukaan	55 m <sup>2</sup>
Desain Fluks	60 – 120 L/m <sup>2</sup> .jam
Debit	17,62 L/s

Sumber: Perumda Air Minum Sidoarjo (2016)

### 3. Hasil dan Pembahasan

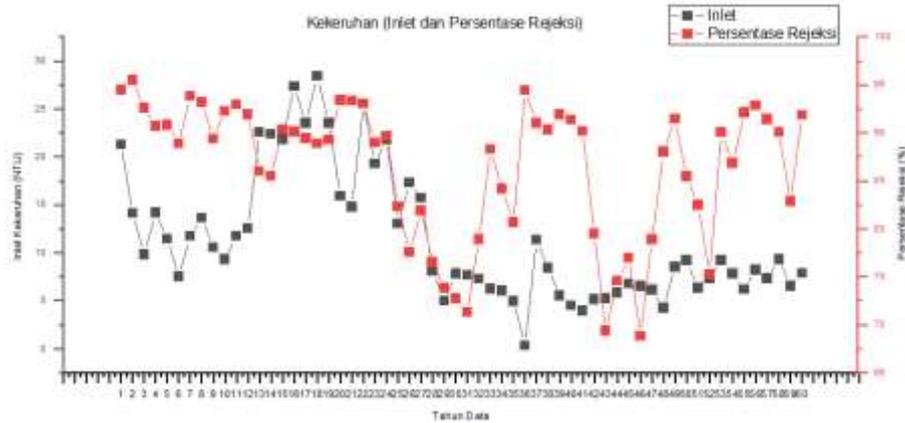
Teknologi membran merupakan salah satu teknologi yang dapat diterapkan sebagai pengolahan air di Indonesia. Hasil pengolahan air minum menggunakan membran jauh lebih baik pada parameter kekeruhan dan *e coli* dibandingkan dengan menggunakan pengolahan konvensional [9]. Salah satu teknologi membran yang diterapkan di Indonesia terdapat di IPA Krian Perumda Air Minum Sidoarjo. Produk membran ultrafiltrasi tersebut diproduksi PT Hydro Hitech Optima (H<sub>2</sub>O) dirancang untuk menghasilkan air dengan kualitas air bersih sesuai dengan Permenkes 2 Tahun 2023. Membran ultrafiltrasi memiliki keunggulan tahapan yang lebih sederhana, pengoperasian yang mudah, dan hasil kualitas air yang baik. Penelitian ini menganalisis kemampuan membran ultrafiltrasi yang telah diterapkan pada IPA Air Minum Krian Perumda Sidoarjo dari aspek teknis. Data yang digunakan dalam analisis berasal dari data perusahaan tahun 2016-2020. Data tersebut dibandingkan dengan Permenkes 2 Tahun 2023 untuk air minum dan dilakukan analisis terhadap persentase rejeksi parameter kekeruhan dan warna. Rangkaian membran ultrafiltrasi Perumda Air Minum Sidoarjo dapat dilihat pada **Gambar 2**.



**Gambar 2.** Rangkaian Membran Ultrafiltrasi Perumda Air Minum Sidoarjo

Berdasarkan **Gambar 2**, rangkaian proses diatas untuk menghilangkan seluruh partikel yang tidak terlarut dengan ukuran 0,1 – 0,001 *micron*. Sistem ini mencakup pompa *feed*, AMIAD, tangki *back wash* beserta pompa, tangki CIP beserta pompa, membran ultrafiltrasi. Hal pertama yang dilakukan yaitu pengkondisian air baku untuk menjadi air umpan kedalam sistem ultrafiltrasi yaitu dengan melakukan penyaringan mikrofiltrasi menggunakan *Automatic Selfcleaning filter* (AMIAD). AMIAD adalah filter otomatis yang menggunakan 4 lapis saringan untuk memastikan ketahanan dan kekuatan dari filter. Saringan ini terbuat dari bahan *stainless steel* untuk mengeliminasi masalah korosi yang akan terjadi. Air yang telah disaring melalui AMIAD kemudian akan mengalir menuju membran ultrafiltrasi yang tersusun dari *hollow fiber membrane* dengan tekanan trans membran sekitar 0,5- 1,5 bar.

Analisis aspek teknis yaitu kualitas air hasil pengolahan dapat dilihat pada persentase rejeksi parameter kekeruhan menggunakan data yang digunakan dalam perhitungan adalah data sekunder pada saat pengoperasian membran ultrafiltrasi di IPA Krian Perumda Air Minum Sidoarjo pada periode tahun 2016 sampai dengan tahun 2020. Data hasil penelitian yaitu persentase rejeksi parameter kekeruhan dapat dilihat pada **Gambar 3**.

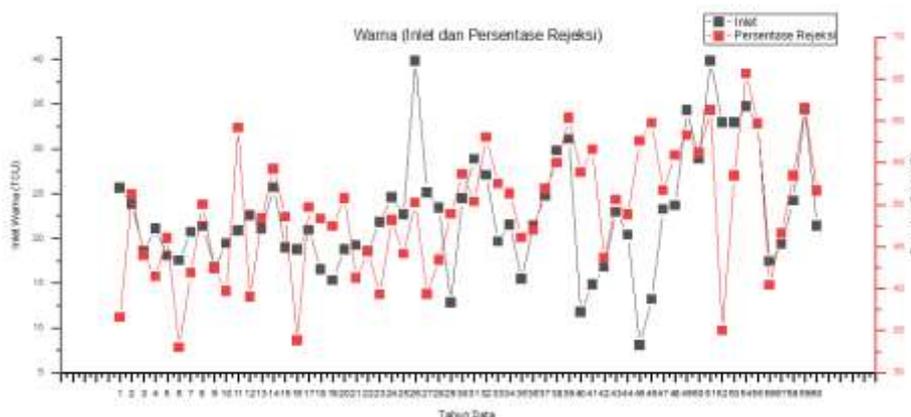


Gambar 3. Grafik Persentase Rejeksi Parameter Kekeruhan

Berdasarkan Gambar 3, persentase rejeksi membran ultrafiltrasi dari tahun 2016-2020 memiliki tren yang tidak jauh berbeda. Pada tahun 2016, persentase rejeksi parameter kekeruhan yang tertinggi yaitu bulan Januari dengan hasil 95,48%; persentase yang terendah yaitu bulan Juni dengan hasil 88,86%; dan rata-rata persentase rejeksi dengan hasil 91,99%. Tahun 2017 memiliki persentase tertinggi pada bulan Agustus dengan hasil 93,40%; persentase terendah pada bulan Januari dengan hasil 79,83%; dan rata-rata persentase rejeksi dengan hasil 89,33%. Tahun 2018, persentase rejeksi parameter kekeruhan tertinggi yaitu bulan Desember dengan hasil 94,44%; persentase terendah yaitu bulan Juli dengan hasil 72,30%; dan rata-rata persentase rejeksi dengan hasil 80,22%.

Tahun 2019 memiliki persentase tertinggi pada bulan Maret dengan hasil 91,89%; persentase terendah pada bulan Juli dengan hasil 69,39%; dan rata-rata persentase rejeksi dengan hasil 82,58%. Tahun 2020 memiliki persentase tertinggi pada bulan Agustus dengan hasil 92,85%; persentase terendah pada bulan April dengan hasil 75,31%; dan rata-rata persentase rejeksi dengan hasil 87,73%. Besarnya persentase rejeksi antara 72,30% - 95,48% sesuai dengan penelitian Natadarmojo dan Deniva (2004) yang menunjukkan hasil penurunan kekeruhan menggunakan membran ultrafiltrasi sebesar 60,6 % – 90,2%. Menurut Destianti dkk (2017), semakin besar konsentrasi maka semakin turun kemampuan untuk menurunkan kekeruhan. Hal ini dapat disebabkan karena pemisahan atau adanya mekanisme penyisihan parameter kekeruhan dalam membran ultrafiltrasi yaitu secara *sieving mechanism*.

Analisis aspek teknis pada persentase rejeksi parameter warna menggunakan data yang digunakan dalam perhitungan adalah data sekunder pada saat pengoperasian membran ultrafiltrasi di IPA Krian Perumda Air Minum Sidoarjo pada tahun 2016-2020. Data hasil penelitian yaitu persentase rejeksi parameter warna dapat dilihat pada Gambar 4.



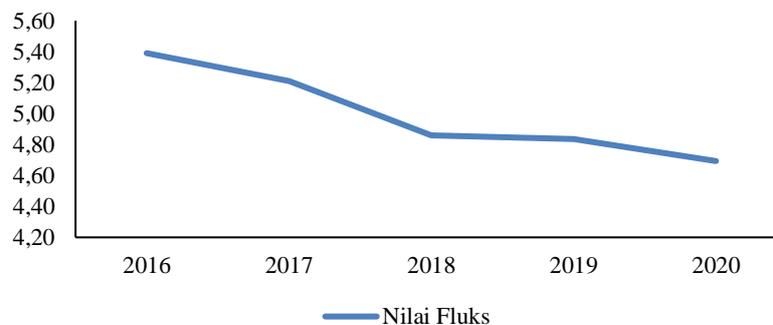
Gambar 4. Grafik Persentase Rejeksi Parameter Warna

Berdasarkan Gambar 4, persentase rejeksi membran ultrafiltrasi dari tahun 2016-2020 memiliki persentase rejeksi yang rendah. Pada tahun 2016, persentase rejeksi parameter warna tertinggi yaitu bulan November dengan hasil 59,10%; persentase rejeksi parameter warna terendah yaitu bulan Januari dengan hasil 36,6%; dan rata-rata persentase rejeksi dengan hasil 43,68%. Tahun 2017 memiliki persentase tertinggi yaitu bulan Februari dengan hasil 54,30%; persentase terendah yaitu bulan April dengan hasil 33,8%; dan rata-rata persentase rejeksi dengan hasil 46,20%. Tahun 2018 memiliki persentase persentase

rejeksi parameter warna pada bulan Juni dengan hasil 53,60%; persentase terendah yaitu bulan Januari dengan hasil 44,10%; dan rata-rata persentase rejeksi dengan hasil 48,7%. Tahun 2019 memiliki persentase rejeksi parameter warna tertinggi yaitu bulan Oktober dengan hasil 59,7%; persentase terendah yaitu bulan Juni dengan hasil 43,6%; dan rata-rata persentase rejeksi dengan hasil 53,8%. Tahun 2020, persentase rejeksi parameter warna tertinggi yaitu bulan Juni dengan hasil 65,60%; persentase terendah yaitu bulan April dengan hasil 35%; dan rata-rata persentase rejeksi dengan hasil 53,6%.

Warna merupakan aspek yang penting dalam pemenuhan sifat fisik air. Batas ambang warna adalah tidak berwarna dalam karakteristik fisik. Hasil persentase rejeksi warna yang didapat pada membran ultrafiltrasi dalam rentang 33,8% - 61,6%. Pemisahan yang terjadi pada zat warna adalah *sieving mechanism* atau *size exclusion*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Kiswanto dkk (2019) penurunan zat warna pada air minum jauh lebih baik menggunakan membran nanofiltrasi dibandingkan membran ultrafiltrasi. Hal tersebut didukung karena zat warna memiliki berat molekul yang lebih besar dibandingkan pori membran nanofiltrasi sehingga persentase rejeksi parameter warna jauh lebih baik yaitu sebesar 98-100%.

Pengoperasian membran dalam proses pengolahan air minum seringkali terjadi masalah seperti peristiwa *fouling* [12]. Berdasarkan penelitian Natadarmojo dkk (2004) terdapat beberapa faktor penyebab *fouling* yaitu pembentukan *cake* pada permukaan, sehingga pembentukan *reversible fouling*, yang menyebabkan penurunan nilai *fluks*. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai *fluks* yang dihasilkan pada pengolahan membran ultrafiltrasi di IPA Krian Perumda Air Minum Sidoarjo pada tahun 2016-2020 yang dapat dilihat pada **Gambar 6**.



**Gambar 6.** Grafik Nilai Fluks Membran Ultrafiltrasi

Berdasarkan **Gambar 6**, nilai *fluks* membran ultrafiltrasi yang dioperasikan tahun 2016-2020 mengalami penurunan. Tren grafik penurunan nilai fluks dapat dibuktikan dengan hasil rata-rata nilai *fluks* tahun 2016 sebesar 5,39 liter/m<sup>2</sup>.jam; rata-rata nilai *fluks* tahun 2017 sebesar 5,21 liter/m<sup>2</sup>.jam; rata-rata nilai *fluks* tahun 2018 sebesar 4,86 liter/m<sup>2</sup>.jam; rata-rata nilai *fluks* tahun 2019 sebesar 4,83 liter/m<sup>2</sup>.jam; dan rata-rata nilai *fluks* tahun 2020 sebesar 4,69 liter/m<sup>2</sup>.jam.

Parameter kekeruhan dan warna memiliki mekanisme pemisahan secara *sieving mechanism* yang mengakibatkan penurunan kinerja membran akibat penumpukan foulan pada membran [14]. Nilai *fluks* semakin menurun dengan bertambahnya waktu. Hal tersebut dikarenakan semakin lama waktu *running* maka semakin banyak partikel yang tertahan dan mengalami *fouling* yang terjadi pada membran. *Fouling* dapat menutup pori-pori membran dan menyebabkan kinerja membran semakin menurun serta dapat mempengaruhi jumlah permeat yang dihasilkan pada membran [15]. Jumlah permeat yang dihasilkan akan ditampung di reservoir dan didistribusikan kepada masyarakat Sidoarjo. PDAM umumnya memiliki catatan penggunaan air untuk setiap pelanggannya, jumlah air yang didistribusikan kepada pelanggan dapat dilihat pada penjualan air disetiap tahunnya [16]. Selain itu, penyumbatan terjadi karena pengumpulan material di dekat atau dalam membran yang dapat menurunkan permeabilitas membran dengan menutupi atau mengecilkan pori [17].

#### 4. Kesimpulan

Hasil aspek teknis membran ultrafiltrasi IPA Krian Perumda Air Minum Sidoarjo Tahun 2016-2020 mempunyai kualitas air yang memenuhi Peraturan Menteri Kesehatan 2 Tahun 2023, persentase rejeksi parameter kekeruhan sebesar 69,39% - 95,48%; persentase rejeksi parameter warna sebesar 33,80% - 61,6%. Hasil pengolahan membran ultrafiltrasi jauh lebih baik untuk menurunkan parameter kekeruhan.

Selain itu, membran ultrafiltrasi yang diterapkan selama 5 tahun di IPA Krian Perumda Air Minum Sidoarjo memiliki nilai *fluks* yang mengalami penurunan dari tahun 2016-2022.

## 5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada teman – teman Program Studi Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember dan Perumda Air Minum Sidoarjo khususnya IPA Krian yang telah mendukung dan memberikan saran pada penelitian ini berlangsung.

## 6. Singkatan

Simbol	Keterangan
%	Persentase
IPA	Instalasi Pengolahan Air

## 7. Referensi

- [1] Pahude, M.S. “Analisis Kebutuhan Air Bersih di Desa Santigi Kecamatan Tolitoli Utara Kabupaten Tolitoli”. *Jurnal Inovasi Penelitian*, Vol. 3, No. 2. 2022.
- [2] D. Roosmini, M. A. Septiono, N. E. Putri, H. M. Shabrina, I. R. S. Salami, and H. D. Ariesyady “River water pollution condition in upper part of Brantas River and Bengawan Solo River,” IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci., vol. 106, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1755-1315/106/1/012059.
- [3] Kawamura, S. *Integrated Design of Water Treatment Facilities*. USA: John Wiley & Sons, Inc, 1991.
- [4] Delgrange-Vincent, N., Cabassud, C., Cabassud, M., Durand-Bourlier, L., and Lainê, J.M. “Neural networks for long term prediction of fouling and backwash efficiency in ultrafiltration for drinking water production”. *in the Conference on Membranes in drinking and Industrial Water Production. Desalination Publications*, 2000.
- [5] Sulaksono, I.B “Sistem Membran Terintegrasi untuk Pengolahan Air dan Desalinasi”. *Research Gate*, 2017.
- [6] Koyuncu, et al. “*Advances in Water Treatment by Microfiltration, Ultrafiltration, and Nanofiltration*”. Elsevier Ltd, 2015.
- [7] Pemerintah RI. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan. 2023.
- [8] Pemerintah RI. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, 2021.
- [9] Marsono, B.D., Yuniarto, A., Purnomo, A., Soedjono, E.S. “Comparison Performances of Microfiltration and Rapid Sand Filter Operated in Water Treatment Plant”. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1111 012048, 2022.
- [10] Destianti, P., Susanto, H., Oktawan, W. “Pengolahan Limbah Pencucian Mobil Menggunakan Teknologi Membran Ultrafiltrasi Berpori 50 dan 100 KDA” *Jurnal Program Studi Teknik Lingkungan. Universitas Diponegoro*, 2017.
- [11] Kiswanto., Rahayu L N., Wintah. “*Pengolahan Limbah Cair Batik Menggunakan Teknologi Membran Nanofiltrasi di Kota Pekalongan*” *Jurnal Litbang Kota Pekalongan* Vol. 17, 2019.
- [12] Mahmud & Noor, R. “Kinetika Fouling Membran Ultrafiltrasi (UF) pada Pengolahan Air Berwarna: Pengaruh Interval dan Lamanya Pencucian Balik (*Backwashing*) Membran”. *Jurnal Info Teknik*, Vol. 1 No. 6, hal 62-66, 2005.
- [13] Natadarmojo, S., Deniva, A. “Penurunan Zat Organik dan Kekeruhan Menggunakan Teknologi Membran Ultrafiltrasi dengan Sisten Aliran *Dead-End* (Studi Kasus: Waduk Saguling, Padalarang)”. *ITB Sains & Tek*, Vol.36, No.1, 2004.
- [14] A. Orecki, M. Tomaszewska, K. Karakulski, dan AW Morawski, “Pengolahan air permukaan dengan metode nanofiltrasi,” *Desalinasi*, vol. 162, tidak. 1–3, hal. 47–54, 2004.
- [15] Karamah, Eva Fathul, and Andrie Oktafauzan Lubis. "Pralakuan Koagulasi dalam proses pengolahan air dengan membran: pengaruh waktu pengadukan pelan koagulan aluminium sulfat terhadap kinerja membran." *Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik UI: Depok* (2010).
- [16] Pradypna, F.F., Marsono, B.D., Soedjono, E.S. “A Study of Drinking Water Supply and Demand in Surabaya in The Year 2039. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 506 012028, 2019.
- [17] Warsa, I. W. Kajian Pengaruh *Fouling* Pada Pemurnian Nira Tebu. *Jurnal Teknik Kimia*, Vol. 1, No. 1, hal 22-25, 2012.