

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran air merupakan masalah lingkungan yang semakin serius, terutama di daerah perkotaan. Air yang terkontaminasi oleh berbagai zat dapat mengalami penurunan kualitas dan menjadikannya tidak layak untuk digunakan (Farhan et al., 2023). Bentuk pencemaran air yang sering terjadi di Indonesia adalah pencemaran sungai. Penyebab utama pencemaran ini umumnya berasal dari aktivitas manusia yang menghasilkan limbah, seperti limbah domestik dan industri, yang dibuang ke sungai. Limbah tersebut sering mengandung zat berbahaya dan polutan lainnya, yang dapat membahayakan kesehatan masyarakat yang memanfaatkan air sungai sebagai sumber air yang dikonsumsi (Solikul Mu'adib & Ichwal Subagyo, 2024).

Sungai Jagir merupakan anak sungai dari Sungai Surabaya yang melintasi wilayah dengan kepadatan penduduk dan aktivitas industri yang tinggi, sehingga berpotensi besar mengalami pencemaran. Rendahnya kualitas air di sungai ini disebabkan oleh masuknya berbagai limbah dari kegiatan domestik, industri, serta aktivitas lain yang belum sesuai dengan standar baku mutu lingkungan (Salsabila et al., 2024). Hal tersebut menyebabkan tercemarnya air sungai, sehingga tidak layak jika dikonsumsi tanpa proses pengolahan yang memadai. Pencemaran tersebut ditandai dengan tingginya nilai kekeruhan mencapai 70 NTU, yang jauh melebihi batas maksimum kekeruhan untuk air keperluan higiene dan sanitasi yaitu < 3 NTU (Ardianto, 2024). Selain itu untuk konsentrasi *Total Dissolved Solids* (TDS) terindikasi sebesar 375 mg/L, yang juga melebihi baku mutu yaitu sebesar < 300 mg/L (Wiandari et al., 2024). Pencemaran biologis seperti *Total Coliform* juga sangat tinggi dengan konsentrasinya mencapai $5,7 \times 10^7$ CFU/100 mL, yang telah melebihi baku mutu air keperluan higiene dan sanitasi sebesar 0 CFU/100 mL (Galuh Puspita et al., 2023).

Banyak teknologi pengolahan lanjutan yang disarankan untuk polutan dalam air seperti *Membrane Bioreactor*, *Rapid Sand Filter*, *Dissolved Air Filtration*.

Namun, cara-cara tersebut seringkali kurang efektif dikarenakan masih menggunakan proses konvensional dalam pengolahan air. Penelitian menunjukkan bahwa teknologi membran ultrafiltrasi berbasis polimer *Polyvinylidene Fluoride* (PVDF) menawarkan solusi yang lebih efektif. Membran tersebut memiliki ukuran pori yang sangat kecil dan memungkinkan dalam menyaring partikel hingga ukuran mikrometer, termasuk mikroorganisme dan padatan tersuspensi, sehingga efektif dalam menurunkan parameter fisik dan mikrobiologis pada air.

Membran PVDF merupakan salah satu jenis membran sintesis yang banyak digunakan dalam instalasi pengolahan air karena memiliki sifat antioksidan, kestabilan termal yang tinggi, serta memiliki kekuatan mekanik yang baik (Agustina et al., 2019). PVDF efektif dalam menghilangkan kontaminan fisik dan biologis seperti partikel halus, koloid, dan mikroorganisme. Namun, selama proses filtrasi, akumulasi senyawa terlarut dan partikel pada permukaan maupun di dalam pori-pori membran dapat menyebabkan fouling. Kondisi ini berdampak pada penurunan fluks, efisiensi penyisihan, serta mempercepat penurunan umur pakai membran (Kang & Cao, 2014).

Penurunan kinerja membran yang diakibatkan oleh fouling memerlukan penanganan untuk membersihkan *foulant* yang menumpuk pada permukaan membran melalui proses pencucian secara berkala. Selain menggunakan air untuk pencucian fisik, penggunaan *chemical cleaning agent* dinilai lebih efektif dalam menghilangkan *foulant* yang menempel pada permukaan membran. Kondisi ini terjadi ketika *foulant* sudah menutup pori-pori atau terikat kuat pada permukaan membran maka pencucian fisik tidak mampu mengembalikan kinerja membran secara optimal (Gul et al., 2022).

Beragam jenis bahan kimia telah dimanfaatkan dalam proses pencucian membran. Sebagai contoh, senyawa basa seperti natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH) sering digunakan karena kemampuannya yang efektif dalam mengatasi fouling yang berasal dari senyawa organik dan protein. Sementara itu, larutan asam seperti asam klorida (HCl) lebih sesuai untuk membersihkan membran dari endapan anorganik (Wenten et al., 2012). Meskipun senyawa tersebut efektif, beberapa diantaranya dapat menimbulkan risiko korosif atau

berdampak negatif terhadap lingkungan jika tidak digunakan dan dikelola dengan baik.

Sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan dan tetap efektif, kombinasi asam sitrat dan hidrogen peroksida (H_2O_2) menjadi pilihan yang menjanjikan. Asam sitrat merupakan asam organik lemah yang mampu melarutkan fouling anorganik seperti endapan kalsium dan magnesium (S & Meylani, 2024). Sementara itu, H_2O_2 bertindak sebagai agen oksidator yang mampu menguraikan fouling organik serta mikroorganisme yang menempel pada membran. Kombinasi kedua bahan ini diharapkan mampu membersihkan membran secara menyeluruh, baik dari fouling anorganik maupun organik, tanpa merusak struktur membran dan dengan dampak lingkungan yang minimal.

Oleh karena itu, pembersihan membran perlu dilakukan secara berkala agar kinerjanya dapat dipulihkan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sejauh mana efektivitas membran PVDF dalam menyisihkan parameter kualitas air seperti kekeruhan, *Total Dissolved Solids* (TDS), dan *total coliform* dapat dipertahankan setelah mengalami fouling dan menjalani proses pencucian. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menilai efektivitas dua metode pencucian yaitu tanpa *chemical cleaning agent* serta dengan kombinasi asam sitrat dan H_2O_2 dalam memulihkan kinerja penyaringan membran setelah beberapa siklus penggunaan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan masalah di atas, maka pertanyaan penelitian yang harus dijawab adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana efektivitas membran ultrafiltrasi PVDF dalam menurunkan kekeruhan, TDS, dan total coliform dari air sampel?
2. Bagaimana karakteristik penurunan fluks selama proses filtrasi air sampel, dan sejauh mana hal tersebut menunjukkan terjadinya fouling pada membran?
3. Bagaimana perbandingan efektivitas pencucian pada masing masing konsentrasi asam sitrat + H_2O_2 dalam mempertahankan kinerja membran PVDF?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan umum dari penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis efektivitas membran PVDF ultrafiltrasi dalam menurunkan kekeruhan, *Total Dissolved Solids* (TDS), dan *total coliform* pada air sampel.
2. Menganalisis penurunan fluks membran selama proses filtrasi sebagai indikasi terjadinya fouling.
3. Menganalisis kemampuan metode pencucian pada masing-masing konsentrasi *chemical cleaning agent* kombinasi asam sitrat dengan H_2O_2 dalam memulihkan kinerja membran.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat bagi Peneliti

Peneliti mendapatkan pemahaman mendalam tentang teknik ultrafiltrasi menggunakan membran PVDF serta penerapannya dalam mengurangi kadar kekeruhan, *Total Dissolved Solids* (TDS), dan *total coliform* di air sungai.

1.4.2 Manfaat bagi Ilmu Pengetahuan

Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan ilmu dalam bidang pengolahan air, khususnya teknologi berbasis membran. Selain itu, Hasil studi memberikan data mengenai efektivitas dan kinerja PVDF dalam menangani kekeruhan, *Total Dissolved Solids* (TDS), dan *total coliform*, termasuk parameter teknis yang dapat digunakan sebagai referensi untuk studi sejenis.

1.4.3 Manfaat Praktis bagi Lingkungan

Hasil penelitian dapat diterapkan untuk meningkatkan kualitas air bagi masyarakat sekitar yang memanfaatkan air sungai tersebut. Implementasi teknologi ini membantu mengurangi kadar kekeruhan, *Total Dissolved Solids* (TDS), dan *total coliform* di air sungai, yang berdampak langsung pada kualitas ekosistem perairan.

1.5 Ruang Lingkup

Agar penelitian ini dapat berjalan dengan baik dan tetap terarah pada masalah serta tujuan yang telah ditetapkan, diperlukan adanya pembatasan ruang lingkup penelitian.

1. Penelitian ini membahas kinerja membran ultrafiltrasi berbahan PVDF hollow fiber dalam menurunkan kadar kekeruhan, *Total Dissolved Solids* (TDS), dan *total coliform* dari air Sungai Jagir, Surabaya.
2. Penelitian ini berfokus pada analisis perubahan kinerja membran setelah beberapa siklus pemakaian dan proses pencucian, untuk mengamati ketahanan serta efektivitasnya dalam penyisihan parameter kualitas air.
3. Proses pencucian dilakukan dua metode pencucian yaitu tanpa *chemical cleaning agent* dan menggunakan *chemical cleaning agent*, dengan tujuan membandingkan efisiensi pemulihan kinerja membran dan potensi penerapannya sebagai teknologi yang berkelanjutan
4. Analisis kemampuan membran dilakukan dengan uji fluks dan *Flux Recovery Ratio* (FRR) pada tiap siklus penggunaan.