

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Produksi plastik global terus mengalami peningkatan setiap tahunnya seiring dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap material yang praktis, ringan, dan ekonomis. Menurut laporan *United Nations Environment Programme* (UNEP), produksi plastik dunia telah mencapai lebih dari 400 juta ton per tahun dan diperkirakan akan terus meningkat apabila tidak dilakukan upaya pengendalian yang efektif. Tingginya produksi plastik tersebut berbanding lurus dengan peningkatan jumlah limbah plastik yang terakumulasi di lingkungan akibat pengelolaan yang kurang optimal (Xiang dkk., 2023). Plastik memiliki sifat yang sangat stabil sehingga memerlukan waktu puluhan hingga ratusan tahun untuk terdegradasi secara alami (Chamas dkk., 2020). Selama proses degradasi tersebut, plastik mengalami fragmentasi akibat paparan sinar ultraviolet, abrasi mekanik, gelombang air, serta aktivitas mikroorganisme sehingga menghasilkan partikel berukuran kecil yang dikenal sebagai mikroplastik (Xiang dkk., 2023)

Saat ini, keberadaan mikroplastik menjadi perhatian serius karena partikel ini bersifat persisten, sulit terdegradasi, dan telah ditemukan pada berbagai media lingkungan maupun organisme hidup (Sharma dkk., 2022). Mikroplastik adalah partikel plastik kecil berukuran kurang dari 5 μm yang sulit terurai dan bisa mencemari lingkungan dalam jangka panjang. Karena ukurannya kecil, mikroplastik bisa masuk ke rantai makanan dan berbahaya bagi makhluk hidup (Khairunnisa dkk., 2024). Berbagai penelitian melaporkan bahwa mikroplastik telah ditemukan pada air laut, sungai, sedimen, garam konsumsi, makanan laut, bahkan pada organ tubuh manusia seperti darah, paru-paru, dan plasenta (Leslie dkk., 2022) Di Indonesia, keberadaan mikroplastik telah dilaporkan hampir di seluruh wilayah perairan, baik di laut maupun sungai, dengan tipe yang dominan berupa fiber dan fragmen yang berasal dari aktivitas domestik dan industri (Gumilang Riswanda dkk., 2017).

Mikroplastik berdampak buruk bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Pada organisme akuatik, mikroplastik dapat tertelan secara tidak sengaja sehingga menyebabkan gangguan pertumbuhan, reproduksi, dan metabolisme. Mikroplastik

juga berpotensi menjadi media pembawa berbagai polutan berbahaya seperti logam berat, pestisida, dan senyawa organik persisten yang dapat terakumulasi dalam rantai makanan (Tursi et dkk., 2022). Di lingkungan manusia, jenis mikroplastik yang paling sering ditemukan adalah fiber dan fragmen. Paparan jangka panjang dapat merusak saluran cerna, menyebabkan peradangan, dan mengganggu keseimbangan bakteri baik dalam usus (Eibinger dkk., 2020). Mikroplastik juga bisa mengganggu sistem reproduksi karena mengandung bahan kimia seperti: Bisphenol A (BPA) merupakan senyawa kimia yang dapat mengganggu sistem endokrin, menurunkan kualitas sperma, serta merusak fungsi ovarium (Yuan dkk., 2020)

Berbagai metode telah dikembangkan untuk mengurangi keberadaan mikroplastik dalam perairan, antara lain koagulasi-flokulasi, sedimentasi, adsorpsi, filtrasi pasir, serta teknologi membran. Menurut Carr dkk., (2016) sistem ini menggunakan tiga jenis filter: filter stainless steel, serat stainless steel, dan kain berpori 74 mikrometer. Cara kerjanya adalah menahan mikroplastik di permukaan filter. Hasilnya, metode ini mampu mengurangi mikroplastik dalam air limbah laundry hingga 75,5%. Meskipun demikian, metode-metode tersebut masih memiliki beberapa keterbatasan seperti selektivitas yang rendah, efisiensi yang bergantung pada ukuran partikel, kebutuhan ruang yang besar, serta potensi penyumbatan media filtrasi setelah penggunaan berulang.

Selain itu, beberapa penelitian telah melaporkan bahwa membran ultrafiltrasi dan nanofiltrasi mampu menghilangkan mikroplastik dari aliran air dengan efisiensi yang sangat tinggi. Misalnya, studi oleh (Poerio dkk., 2019) menunjukkan bahwa membran ultrafiltrasi dapat menyisihkan sebagian besar partikel mikroplastik dari limbah air dengan tingkat penolakan yang signifikan dalam proses filtrasi. Namun demikian, sebagian besar membran yang digunakan saat ini berbasis polimer sintesis seperti polietersulfon (PES), polisulfon (PSf), atau polivinilidena fluorida (PVDF) yang memiliki kelemahan berupa biaya produksi yang relatif tinggi serta sifat yang sulit terdegradasi secara alami dan berpotensi menghasilkan limbah sekunder dalam jumlah besar. Oleh karena itu, pengembangan material membran yang lebih ramah lingkungan dan efisien menjadi fokus penelitian dalam teknologi membran modern.

Upaya inovatif dalam pengembangan material filtrasi diarahkan pada pembuatan membran yang memiliki selektivitas tinggi, stabilitas baik, dan ramah lingkungan, salah satunya melalui modifikasi membran berbasis selulosa. Membran merupakan material tipis yang berfungsi sebagai pemisah selektif antara dua fase, sehingga hanya molekul atau partikel tertentu yang dapat melewati porinya (Islam & Uddin, 2023; Ayuni dkk., 2025). Dalam konteks pengolahan air dan penanganan pencemaran mikroplastik, teknologi membran telah berkembang pesat dan menjadi salah satu solusi yang efektif dan efisien (Sukarta dkk., 2025). Membran filtrasi, seperti mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, nanofiltrasi, dan reverse osmosis, banyak digunakan untuk memisahkan partikel berukuran mikro hingga nano, termasuk mikroplastik, dari air.

Salah satu keunggulan utama membran adalah kemampuannya untuk melakukan pemisahan fisik tanpa memerlukan bahan kimia tambahan, sehingga lebih ramah lingkungan. Selain itu, membran dapat didesain dengan ukuran pori yang terkontrol dan sifat permukaan yang dapat dimodifikasi sesuai kebutuhan aplikasi. Perbedaan waktu filtrasi menunjukkan bahwa konsentrasi SiO_2 memengaruhi permeabilitas membran terhadap aliran air (Ayuni., dkk 2016).

Oleh karena itu, pengembangan material membran yang efektif dan ramah lingkungan menjadi sangat penting. Salah satu bahan yang berpotensi digunakan adalah selulosa. Selulosa merupakan polimer alami yang tersusun atas unit β -D-glukosa yang terhubung melalui ikatan β -(1,4)-glikosidik dan merupakan komponen utama penyusun dinding sel tumbuhan (Eibinger dkk., 2020). Selulosa merupakan biopolimer yang melimpah di alam, bersifat terbarukan dan biodegradable, serta memiliki struktur yang kuat akibat adanya ikatan hidrogen dan ikatan antarmolekul. Namun, penggunaan selulosa secara langsung sebagai bahan membran masih memiliki keterbatasan karena kristalinitasnya yang tinggi dan kelarutannya yang rendah dalam sebagian besar pelarut organik sehingga menyulitkan proses pembentukan membran yang homogen (Leslie dkk., 2022). Oleh karena itu, selulosa dimodifikasi melalui proses asetilasi untuk menghasilkan selulosa asetat yang memiliki kelarutan lebih baik, kemampuan pembentukan film yang tinggi, serta lebih mudah diproses menjadi membran ((Islam & Uddin, 2023).

Membran selulosa asetat sering digunakan karena memiliki banyak kelebihan. Membran ini ramah lingkungan karena bisa terurai secara alami, mudah dibuat, dan bisa menyaring garam dengan baik (Tursi dkk., 2022). Kelemahan dari membran selulosa yaitu keterbatasan dalam hal kestabilan kimia seperti kondisi pH ekstrem dan struktur pori membran yang terbatas karena dalam bentuk alaminya, selulosa asetat membentuk jaringan yang relatif padat. Hal ini membuat permeabilitas atau aliran air melalui membran menjadi rendah saat dihadapkan pada beban filtrasi tinggi. Meskipun memiliki kemampuan penyaringan yang baik, membran sering mengalami penyumbatan akibat akumulasi kontaminan seperti kerak anorganik, lumpur, logam, dan bahan organik pada permukaan maupun di dalam pori membran. Penyumbatan dapat menurunkan fluks dan efisiensi filtrasi sehingga diperlukan modifikasi struktur pori dan sifat permukaan membran untuk meningkatkan permeabilitas tanpa mengurangi kemampuan pemisahannya (Vahid Vatanpour dkk., 2022). Salah satu cara untuk meningkatkan performa membran selulosa asetat adalah dengan melakukan modifikasi menggunakan material anorganik, salah satunya silika. Silika memiliki gugus silanol dan siloksan yang mampu meningkatkan hidrofilisitas, memperbaiki struktur pori, meningkatkan stabilitas termal, serta memperkuat struktur membran (Khairunnisa dkk., 2024). Chowdhury dkk., 2023 melaporkan bahwa penambahan silika pada membran selulosa asetat dapat meningkatkan permeabilitas dan stabilitas membran. (Yuan dkk., 2020) juga melaporkan bahwa membran komposit selulosa-silika menunjukkan performa filtrasi yang lebih baik dibandingkan membran selulosa tanpa modifikasi.

Meskipun penelitian mengenai membran selulosa asetat-silika telah banyak dilakukan, sebagian besar penelitian masih berfokus pada aplikasi desalinasi, pengolahan limbah, dan pemisahan logam berat. Penelitian yang secara khusus mengkaji sintesis dan karakterisasi membran selulosa asetat-silika sebagai media penyaring mikroplastik masih relatif terbatas. Dalam penelitian ini, membran selulosa asetat-silika dikembangkan menggunakan teknik solvent casting (penguapan pelarut). Larutan polimer dicetak dan pelarut dibiarkan menguap hingga terbentuk membran padat. Metode ini memungkinkan pembentukan membran dengan morfologi yang terkontrol serta distribusi pori yang seragam

(Vahid Vatanpour dkk., 2022). Selain itu, pengaruh variasi konsentrasi silika terhadap karakteristik membran seperti gugus fungsi, kemampuan *swelling*, permeabilitas, dan kemampuan filtrasi mikroplastik belum banyak dilaporkan secara komprehensif. Membran dikembangkan dengan variasi konsentrasi silika 0, 5, 10, dan 15%, sehingga dapat menjadi evaluasi pengaruh komposisi silika terhadap performa membran dalam menyaring mikroplastik secara sistematis.

Penelitian ini bertujuan mengembangkan material membran komposit yang efektif dan ramah lingkungan. Dengan mengevaluasi pengaruh variasi konsentrasi silika terhadap karakteristik fisik, kimia, dan performa filtrasi membran, penelitian ini diharapkan memberikan informasi ilmiah yang komprehensif sekaligus menghasilkan material filtrasi yang lebih efisien dalam mengurangi mikroplastik. Penelitian ini sekaligus mengisi gap yang ada pada studi sebelumnya, khususnya mengenai penggunaan membran selulosa asetat-silika untuk penyaringan mikroplastik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dikemukakan, dapat diketahui bahwa terdapat beberapa permasalahan yang perlu dikaji antara lain:

1. Bagaimana hasil pembuatan membran selulosa asetat- silika sebagai penyaring mikroplastik?
2. Bagaimana karakteristik membran selulosa asetat- silika sebagai penyaring mikroplastik?

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dikemukakan, maka tujuan penelitian ini:

1. Untuk mengetahui hasil pembuatan membran selulosa asetat- silika sebagai penyaring mikroplastik
2. Untuk mengetahui hasil karakterisasi membran selulosa asetat- silika sebagai penyaring mikroplastik

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian yang dilakukan diharapkan dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak, baik secara teoritis maupun praktis.

1. Manfaat Teoritis

Memberikan kontribusi positif terutama dalam bidang kimia dalam rangka penelitian dan pengembangan terkait filtrasi mikroplastik menggunakan membran selulosa asetat termodifikasi silika.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi Penulis

Meningkatkan pengetahuan dan kemampuan tentang filtrasi mikroplastik dengan menggunakan membran selulosa asetat termodifikasi silika

b. Bagi Masyarakat

Meningkatkan kesadaran akan pentingnya pengelolaan mikroplastik menggunakan bahan ramah lingkungan seperti membran selulosa asetat-silika

