

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah plastik telah menjadi suatu permasalahan global yang sampai saat ini masih belum bisa diatasi sepenuhnya. Plastik terbuat dari rantai polimer yang panjang. Polimer dibuat melalui reaksi polimerisasi dan reaksi kondensasi, seperti polietilena yang terbentuk dari reaksi polimerisasi, sementara reaksi kondensasi akan menghasilkan nilon (Bhardwaj *et al.*, 2024). Peningkatan penggunaan plastik menyebabkan akumulasi mikroplastik di lingkungan perairan yang berpotensi membahayakan organism dan manusia (Dheo *et al.*, 2024). Banyak plastik yang dibuang sembarangan kemudian terbawa arus air dan angin, sehingga dapat mencemari lingkungan, termasuk ekosistem laut. Di ekosistem laut, plastik yang terbuang akan mengalami proses degradasi akibat paparan radiasi ultraviolet dan proses mekanis, sehingga ukurannya menjadi semakin kecil dan membentuk mikroplastik (Aulia *et al.*, 2023). Berbagai teknologi pengolahan air terus dikembangkan untuk meningkatkan efektivitas penyisihan polutan, termasuk melalui penggunaan material fungsional (Sudiana *et al.*, 2018). Mikroplastik merupakan plastik yang partikelnya berukuran kecil sekitar <5 mm, dan terbukti memiliki dampak negatif yang signifikan terhadap kesehatan manusia dan juga lingkungan sekitar (Ayuni *et al.*, 2025). Menurut Kataria *et al.* (2024), mikroplastik memberi dampak negatif terhadap lingkungan maupun kesehatan makhluk hidup. Pada lingkungan perairan, mikroplastik dapat terakumulasi dalam tubuh organism seperti ikan, kerang dan *zooplankton* yang kemudian menyebabkan kerusakan jaringan, stress oksidatif, gangguan metabolisme hingga efek toksis pada embrio. Secara alami, mikroplastik memiliki sifat hidrofobik dan dapat masuk ke lingkungan air melalui limbah cair yang tidak diolah maupun limbah cair yang sudah diolah, permukaan aliran, pengendapan udara, limbah industri serta pencemaran melalui sampah plastik. Berbagai jenis pencemar dalam air, baik zat warna maupun partikel padat, memerlukan metode pengolahan yang efektif agar tidak menimbulkan dampak jangka panjang terhadap lingkungan perairan (Sukarta *et al.*, 2021).

Bukti yang menunjukkan bahwa mikroplastik dapat menimbulkan ancaman yang signifikan bagi organisme melalui mekanisme fisik dan kimia semakin banyak. Pada ekosistem terestrial, organisme seperti tanaman, hewan darat, dan mikroorganisme tanah juga dapat terkena pengaruh mikroplastik. Hasil penelitian Nizzetto *et al.* (2016) menunjukkan bahwa mikroplastik dapat terakumulasi di tanah pertanian dan dapat terbawa oleh aliran air hujan ke dalam sistem sungai dan danau yang akan mengancam organisme yang hidup di lingkungan tersebut. Organisme tanah seperti cacing tanah dan mikroorganisme tanah dapat secara tidak sengaja mengonsumsi mikroplastik bersamaan dengan bahan organik lainnya yang akan mengganggu siklus nutrisi dan keseimbangan ekosistem tanah (Huerta Lwanga *et al.*, 2016). Oleh karena itu, upaya yang lebih besar diperlukan untuk lebih memahami dampak jangka panjang yang dapat ditimbulkan dari paparan mikroplastik serta cara penanganannya. Hal ini sejalan dengan penelitian Ayuni *et al.* (2025) yang melaporkan bahwa mikroplastik telah terdistribusi secara luas di lingkungan perairan dan berpotensi menimbulkan berbagai dampak biologis terhadap organisme akuatik.

Sejauh ini penanganan mikroplastik telah dilakukan dengan menggunakan berbagai cara diantaranya adalah dengan menggunakan metode koagulasi-flokulasi dan flotasi oleh Khan *et al.* (2023). Karbon aktif yang dihasilkan dari limbah pertanian seperti kulit nanas, mampu menghilangkan sekitar 89% mikroplastik jenis *polyethylene* (PE) dalam larutan air melalui proses adsorpsi yang melibatkan aktivasi kimia serta karbonisasi (Anuwa-Amarh *et al.*, 2024). Selain itu, teknologi membran telah terbukti sebagai metode paling efektif untuk menyisihkan mikroplastik. Penelitian yang dilakukan oleh Talvitie *et al.* (2017) menunjukkan bahwa Membran *Bioreactor* (MBR) dengan ukuran pori 0,02-0,4 μm mampu menghilangkan 99,9% mikroplastik dengan ukuran $>30 - 20 \mu\text{m}$ yang terkandung dalam air limbah. MBR juga mampu mengurangi konsentrasi mikroplastik dari $6,9 \pm 1,0$ partikel/L menjadi $0,005 \pm 0,004$ partikel/L. Efisiensi yang diperoleh bahkan lebih tinggi jika dibandingkan dengan metode konvensional seperti *dissolve air flotation* (95%) atau *rapid sand filter* (97%).

Dari beberapa metode penanganan yang telah digunakan, salah satu teknologi yang dapat digunakan dalam upaya mengurangi kandungan

mikroplastik pada air adalah teknologi membran. Teknologi membran dipilih karena prinsip kerjanya yang terbilang praktis, tingkat konsumsi energinya yang rendah, dan dapat mengurangi kandungan senyawa organik dan anorganik yang terdapat dalam air (Aulia *et al.*, 2023). Bahan membran yang pernah digunakan untuk filtrasi mikroplastik adalah *Polyethersulfone* (PES), *Polytetrafluoroethylene* (PTFE), mikrofiber kaca, serta membran bioreaktor.

Salah satu polimer yang dapat digunakan sebagai membran untuk menyaring mikroplastik adalah selulosa asetat. Dibandingkan dengan selulosa murni yang memiliki sifat sukar larut dan hanya larut dalam pelarut DMAc/LiCl atau NMMO, selulosa asetat memiliki keunggulan dapat larut dalam pelarut organik seperti asetat dan aseton sehingga dapat memungkinkan proses inversi fasa yang lebih efisien (Oprea & Voicu, 2023). Keunggulan lainnya dari selulosa asetat adalah memiliki sifat semi-hidrofilik dengan kemampuan anti *fouling*nya serta ketahanan terhadap klorin yang lebih baik dibandingkan dengan selulosa murni (Islam *et al.*, 2023). Selain itu, selulosa asetat mempunyai kekuatan mekanik serta stabilitas kimia yang lebih baik, kemampuan film-forming yang lebih unggul sehingga dapat membentuk struktur pori optimal untuk ultrafiltrasi, mikrofiltrasi, hingga nanofiltrasi (Islam *et al.*, 2023). Meski terbukti memiliki keunggulan dalam proses filtrasi, membran selulosa asetat juga memiliki beberapa kekurangan seperti rentan terhadap *fouling* yang menyebabkan proses filtrasi tidak sepenuhnya berhasil. Dari penelitian yang dilakukan oleh Sholikhah, (2022) dapat diketahui bahwa membran selulosa asetat memiliki stabilitas termal yang rendah sehingga tidak cocok untuk aplikasi yang memerlukan suhu tinggi. Oleh karena kekurangannya itu, penambahan zat lainnya dapat diterapkan untuk meningkatkan kinerja membran dalam proses filtrasi.

Salah satu zat yang bisa ditambahkan adalah TiO_2 . Pemilihan titanium dioksida (TiO_2) didasarkan pada beberapa keunggulan yang dimiliki TiO_2 dibandingkan dengan oksida logam lainnya. TiO_2 merupakan bahan yang tidak beracun, dan telah banyak digunakan dalam aplikasi pemurnian air, termasuk dalam sistem membran, jika dibandingkan dengan oksida logam lainnya seperti ZnO , Fe_2O_3 , atau CuO , TiO_2 mampu menunjukkan stabilitas termal serta kimia yang sangat baik, dan juga tidak mudah larut dalam air, sehingga tidak

mencemari hasil filtrasi (Jianhua Ge *et al.*, 2022). Titanium dioksida merupakan material semikonduktor yang memiliki band gap sekitar 3,0–3,2 eV sehingga banyak dimanfaatkan sebagai material anorganik dalam berbagai aplikasi pengolahan air dan lingkungan (Sukarta *et al.*, 2019). Penambahan TiO₂ pada membran selulosa asetat bertujuan untuk meningkatkan sifat hidrofilisitas, *antifouling*, serta stabilitas permukaan membran (Shafiq *et al.*, 2018). Namun, perlu dicermati bahwa penambahan nanopartikel TiO₂ pada matriks membran juga memiliki konsekuensi ilmiah yang perlu diperhatikan. TiO₂ merupakan material semi-konduktor yang memiliki sifat fotokatalitik yang dapat menghasilkan radikal bebas seperti OH dan O₂⁻ di bawah paparan sinar UV. Terbentuknya radikal tersebut memungkinkan terjadinya fragmen polimer mikroplastik menjadi partikel yang lebih kecil (nanoplastik) melalui *chain scission* (Jianhua Ge *et al.*, 2022). Hal ini tentu saja menimbulkan kekhawatiran bahwa mikroplastik yang tertangkap oleh membran yang mengandung TiO₂ memiliki potensi terfragmentasi menjadi nanoplastik apabila digunakan dalam kondisi pencahayaan tinggi atau terpapar sinar UV. Meskipun begitu, sistem membran dalam penelitian ini tidak dirancang untuk aktivasi fotokatalitik. Membran digunakan dalam kondisi tanpa radiasi UV secara langsung, sehingga reaksi fotokatalitik yang dapat menyebabkan fragmentasi diperkirakan tidak terjadi secara signifikan. Oleh karena itu, fokus penelitian ini adalah pada peningkatan sifat fisik dan anti *fouling* membran, serta efisiensi penyaringan mikroplastik, bukan pada proses degradasi atau detoksifikasi mikroplastik secara kimia.

Penambahan TiO₂ ke dalam membran selulosa asetat tidak hanya bersifat sebagai filler, tetapi juga memungkinkan terbentuknya interaksi antar-molekul, seperti ikatan hidrogen antara gugus –OH dan C=O pada CA dengan gugus –OH permukaan TiO₂, serta kemungkinan ikatan koordinasi lemah Ti–O–C. Interaksi ini dapat meningkatkan stabilitas dispersi TiO₂, hidrofilisitas membran, serta mengurangi fouling selama proses filtrasi (Peixoto *et al.*, 2020).

Membran selulosa-TiO₂ memiliki ketahanan pH yang baik dengan stabilitas membran yang terjaga pada rentang pH 4-10. Hal tersebut disebabkan oleh sifat kimia TiO₂ yang inert serta tahan terhadap kondisi korosif (Mirwan *et*

al., 2017). Efektifitas membran dapat diketahui melalui uji fluks serta uji *swelling*. Dengan adanya penambahan TiO_2 pada membran selulosa asetat, diharapkan dapat meningkatkan efektifitas membran dalam filtrasi mikroplastik serta mengurangi *fouling* yang terjadi.

Dari pemaparan sebelumnya, penelitian ini akan membuat membran selulosa asetat dengan menambahkan zat aditif berupa TiO_2 dengan konsentrasi 0; 1; 2; dan 3%. Karakterisasi membran meliputi uji gugus fungsi dengan spektrofotometer FTIR, uji ketahanan pH, serta uji kinerja membran yang meliputi uji permeabilitas membran (uji fluks) dan uji kadar air (*swelling*).

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan 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 karakteristik membran Selulosa Asetat- TiO_2 hasil sintesis dari selulosa dan anhidrida asetat?
2. Bagaimana kinerja membran Selulosa Asetat- TiO_2 sebagai media penyaring mikroplastik?

1.3. Tujuan

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

1. Untuk menganalisis karakteristik membran Selulosa Asetat- TiO_2 hasil sintesis dari selulosa dan anhidrida asetat.
2. Untuk menganalisis kinerja membran Selulosa Asetat- TiO_2 sebagai media penyaring mikroplastik.

1.4. Manfaat Penelitian

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

1. Manfaat Teoritis

Memberi manfaat terutama di bidang kimia dalam hal penelitian serta pengembangan filtrasi mikroplastik menggunakan membran Selulosa Asetat- TiO_2 .

2. Manfaat Praktis

a. Bagi Penulis

Menambah pengetahuan serta kemampuan terkait filtrasi mikroplastik menggunakan membran Selulosa Asetat-TiO₂.

b. Bagi Masyarakat

Meningkatkan kesadaran akan pentingnya pengolahan mikroplastik dengan menggunakan bahan yang ramah lingkungan seperti membran Selulosa Asetat-TiO₂.

