

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Diperkirakan pada tahun 2030, sekitar 60% populasi dunia akan mengalami kesulitan dalam mengakses air bersih (Wang *dkk.*, 2022). Kekurangan air bersih ini dapat mengakibatkan masalah dalam distribusi air, akses yang terbatas bagi masyarakat, penurunan kualitas lingkungan, serta meningkatkan risiko terjadinya konflik sosial. Krisis sumber air tawar telah menjadi masalah yang signifikan, terutama di daerah perkotaan (Yudhantoro *dkk.*, 2020). Meskipun Bumi memiliki banyak sumber air yang potensial, sayangnya, banyak dari sumber-sumber tersebut semakin tercemar akibat pembuangan limbah industri yang dilakukan secara ilegal atau tanpa pengolahan yang tepat, padahal seharusnya dapat diolah dengan teknologi yang lebih baik (Babu dan Murthy, 2017).

Untuk memperoleh akses air bersih, berbagai teknologi pemurnian air sedang dikembangkan, termasuk teknologi membran, nanoabsorben, dan material nanofotokatalis (Nishu dan Kumar, 2023). Di antara teknologi tersebut, teknologi membran mendapatkan perhatian lebih karena keunggulannya dalam efisiensi pemurnian air, kemampuan untuk beroperasi secara berkelanjutan, penggunaan energi yang minimal, serta kebutuhan yang rendah akan bahan kimia dalam prosesnya (Hube *dkk.*, 2020). Nanofiltrasi, sebagai salah satu teknologi pemisahan membran, telah diterapkan secara luas dalam pengolahan air. Hal ini disebabkan oleh konsumsi energi yang rendah, tidak menghasilkan polutan sekunder, efisiensi yang tinggi, serta desain yang modular.

Salah satu material yang sering digunakan dalam pengembangan teknologi membran adalah Grafena Oksida (GO). GO telah banyak diaplikasikan sebagai membran filtrasi dan desalinasi untuk menghasilkan air bersih dengan kualitas yang optimal (Huang *dkk.*, 2021). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa membran berbasis GO memiliki kemampuan pemisahan yang sangat baik hingga 99%, serta memiliki aliran (*flux*) yang tinggi karena sifat materialnya yang hidrofilik (Shah *dkk.*, 2024). Namun, GO memiliki kelemahan, yaitu rentan mengalami pembengkakan oleh senyawa organik dan terkena *fouling* atau penyumbatan akibat akumulasi senyawa organik (Yang *dkk.*, 2023). Oleh sebab itu, diperlukan pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan ketahanan membran GO. Salah satu metode inovatif yang dikembangkan adalah dengan mengintegrasikan material fotokatalitik dengan membran GO, yang memberikan pendekatan revolusioner dalam pengembangan membran (Long *dkk.*, 2024). Material fotokatalitik seperti ZnO, CuO, TiO₂, BiOX, dan g-C₃N₄, yang dikenal karena sifat katalitiknya yang ramah lingkungan, digabungkan dengan struktur lamelar membran GO. Hal ini memberikan sifat fotokatalitik pada membran, memungkinkan penguraian polutan organik penyebab *fouling* saat terpapar cahaya UV/*Visible* (Yang *dkk.*, 2019, Zhang *dkk.*, 2018).

Graphitic Carbon Nitride (g-C₃N₄) adalah material nanopori baru yang terdiri dari susunan hierarkis lapisan datar dengan nanopori bawaan yang terbentuk dari unit tri-s-triazin yang terpolimerisasi, terdiri dari hubungan antar kelompok amina datar, dengan luas permukaan spesifik yang besar serta stabilitas kimia dan termal yang tinggi (Han *dkk.*, 2017). g-C₃N₄ memiliki celah dengan kerapatan

tinggi yang mendukung transportasi massa secara efektif, sehingga memiliki potensi besar dalam teknologi pengolahan air. Yang *dkk.* (2023) mengkombinasikan GO dan g-C₃N₄ menjadi sebuah membran komposit GO/g-C₃N₄ dengan hasil yang menunjukkan selektivitas yang lebih baik dalam memisahkan zat organik, memiliki daya tahan yang lebih tinggi dibandingkan membran GO, serta meningkatkan permeabilitas air hingga 11,5 kali lipat.

Seng Oksida (ZnO) merupakan material yang memiliki kemampuan fotodegradasi yang baik pada panjang gelombang UV-Visible karena *band gap*-nya yang relatif kecil, yaitu 3,2 eV. Penggunaan ZnO pada suatu material dapat meningkatkan kemampuan fotodegradasi material tersebut (Mazlan *dkk.*, 2024). Kemampuan fotodegradasi ini dimanfaatkan untuk menciptakan membran rGO/ZnO dengan kemampuan *self-cleaning* yang sangat baik, mampu memisahkan polutan hingga $96 \pm 2,94\%$, serta dapat digunakan kembali hingga tiga kali (Mazlan *dkk.*, 2024). Membran *self-cleaning* merupakan kemampuan yang dihasilkan dari penggabungan beberapa material menjadi membran hibrid, yang mampu membersihkan diri secara otomatis. Kemampuan ini sangat efektif dalam mencegah *fouling*, yang biasanya menyebabkan kerusakan pada membran (Li *dkk.*, 2022). Long *dkk.* (2024) melaporkan pembuatan membran komposit GO/BiOBr yang digunakan untuk pemurnian air. Hasil uji performa menunjukkan permeabilitas membran mencapai 493,9 LMH/bar, serta kemampuan pemisahan hingga 99,9% untuk zat warna *Congo Red* dan 99,1% untuk zat warna *Victoria Blue*.

Penelitian ini mengembangkan membran komposit GO/g-C₃N₄/ZnO yang dirancang untuk pemurnian air, dengan kemampuan *self-cleaning* untuk filtrasi zat

warna *Naphthol Blue Black* (NBB), menggunakan pendekatan nanofiltrasi. Tujuan penelitian ini adalah menyiapkan membran dengan kemampuan pemisahan zat warna yang optimal serta permeabilitas air yang tinggi. Variasi ZnO dalam komposit membran diharapkan dapat meningkatkan kemampuan fotodegradasi pada panjang gelombang UV, sehingga membran GO/g-C₃N₄/ZnO menjadi membran hibrid dengan kemampuan *self-cleaning*.

I.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang dilakukan sebagai berikut

1. Memperoleh membran komposit GO/g-C₃N₄/ZnO.
2. Merumuskan pengaruh jumlah ZnO yang ditambahkan pada material terhadap karakteristik membran komposit GO/g-C₃N₄/ZnO yang dihasilkan, serta kinerja membran dalam proses nanofiltrasi.
3. Mengidentifikasi kemampuan *Self-Cleaning* pada membran GO/g-C₃N₄/ZnO melalui analisis spektrofotometri UV-Vis.