

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

Bumi terdiri dari sekitar 71% air yang menutupi permukaannya, yang merupakan komponen yang sangat penting bagi kehidupan. Dengan 97,5% diantaranya berupa air asin dan hanya sekitar 2,5% yang tersedia dalam bentuk air tawar. Sektor tekstil dikenal sebagai salah satu kontributor terbesar dalam pencemaran lingkungan, khususnya melalui pembuangan limbah cair yang mengandung zat warna sintetis (Periyasamy, 2025). Penanganan limbah industri tekstil kini telah menjadi perhatian utama dalam dunia penelitian karena polutan yang terkandung di dalamnya dapat memberikan dampak serius terhadap ekosistem air dan kesehatan manusia (Wong *dkk.*, 2018). Di antara berbagai zat warna sintetis yang banyak digunakan pada industri tekstil, salah satu yang paling banyak mendapat perhatian adalah Remazol Black B ( $C_{26}H_{21}O_{19}N_5S_6Na_4$ ). Paparan dari zat warna ini dapat mengakibatkan kerusakan pada sistem pernapasan, bronkitis akut, mutasi, iritasi kulit, serta kanker kandung kemih pada manusia. Zat warna azo ini memiliki sifat anionik atau asam karena memiliki muatan negatif yang ada pada gugus sulfonatnya (Leal *dkk.*, 2023).

Mengacu pada dampak berbahaya yang ditimbulkan oleh Remazol Black B, upaya penanganan limbah zat warna menjadi kebutuhan yang mendesak. Salah satu metode yang populer dan aplikasinya yang luas karena polusi yang rendah, konsumsi energi rendah, serta efisiensi yang tinggi untuk mengatasi masalah ini adalah teknologi pemisahan berbasis membran. Namun, membran berbahan tunggal yang kini tersedia di pasaran memiliki stabilitas yang buruk serta

selektivitas yang kurang baik, sehingga tidak dapat menyaring kontaminan secara efektif (Shi *dkk.*, 2025).

Untuk mengatasi keterbatasan membran tunggal, berbagai material baru telah dieksplorasi, salah satunya adalah grafena oksida (GO) yang saat ini banyak menarik perhatian. GO terdiri dari beberapa gugus fungsi seperti gugus karboksil, hidroksil, epoksi, dan karbonil. Gugus fungsi yang tersedia pada strukturnya membuat membran berbasis GO lebih hidrofilik, terdispersi baik dalam air, dan mudah dibuat dengan biaya rendah (Dey *dkk.*, 2023). Penggabungan matriks berupa polimer seperti PVA (*polyvinyl alcohol*) dengan GO membentuk komposit hibrida polimer-anorganik dapat meningkatkan efektivitas pemisahan dalam proses membran yang digerakkan oleh tekanan untuk sistem berair. Dengan menggabungkan GO dengan matriks polimer yang berbeda, membran hibrida menunjukkan fluks air yang lebih tinggi dan ketahanan pengotoran yang lebih baik untuk nanofiltrasi maupun ultrafiltrasi. Film GO distabilkan oleh ikatan hidrogen dan gaya van der Waals di antara lembaran. Interaksi yang lebih kuat antara lembaran GO menyebabkan laminasi dengan struktur yang lebih teratur dan lebih padat yang memfasilitasi kinerja pemisahan komposit yang efektif (Dave dan Nath, 2016).

Meskipun menawarkan kinerja pemisahan yang baik, membran berbasis GO maupun komposit lain masih menghadapi tantangan serius berupa *fouling* yang menurunkan performa pemisahan dan permeabilitas. Fotokatalisis merupakan salah satu teknologi ramah lingkungan yang sering digunakan untuk mendegradasi polutan organik. Modifikasi permukaan membran dengan material fotokatalis

merupakan alternatif untuk mengatasi masalah *fouling*. Cara ini telah digunakan untuk berbagai aplikasi, salah satunya yaitu *self-cleaning*. Saat ini, berbagai material fotokatalis telah dikompositkan dengan membran pemisah untuk pemisahan air limbah. Fotokatalis seperti nanopartikel  $\text{TiO}_2$  dan berbagai bahan yang baru-baru ini telah dikembangkan, termasuk  $\text{g-C}_3\text{N}_4$  dan MOF telah banyak digunakan (Esmaili *dkk.*, 2023).

Selain itu, logam sulfida seperti Fe-, Co-, dan Cu-sulfida juga telah disintesis untuk meremediasi limbah cair karena reaktivitasnya, stabilitas dalam air, serta fungsionalitasnya. Setelah didoping S, celah pita dari sulfida logam dapat diperkecil secara signifikan (Piao *dkk.*, 2024). CuS merupakan bahan semikonduktor tipe-p dalam aplikasi fotokatalis, sensor, elektroda baterai, dan biomedis. Struktur berongga *flower-like* CuS membuat CuS memiliki luas permukaan yang besar sehingga sejumlah situs aktif permukaannya dapat meningkatkan efisiensi fotokatalitik (Fang *dkk.*, 2022).

Beberapa studi terbaru bahkan telah mengombinasikan CuS dengan material lain untuk meningkatkan performa membran. Misalnya, pengembangan  $\text{Cu}_x\text{S-NrGO}$  pada membran pendukung polisulfon (PSF) terbukti meningkatkan efektivitas pemisahan zat warna sekaligus ketahanan *fouling*. Hasil uji aplikasi membran menunjukkan rejeksi senyawa bovine serum albumin (BSA) tertinggi sebesar 89%. Membran PSF yang digabungkan dengan  $\text{Cu}_x\text{S-NrGO}$  terbukti menunjukkan ketahanan terhadap *fouling* yang jauh lebih tinggi, rasio pemulihan fluks permeat sebesar 82%, dan rejeksi pewarna *congo red* sebesar 93%. Dengan demikian,  $\text{Cu}_x\text{S-NrGO}$  nanopartikel menunjukkan potensi yang besar untuk

meningkatkan hidrofilisitas, yang ditunjukkan oleh rasio pemulihan fluks yang lebih baik, kapasitas penghilangan zat warna, dan kapasitas *antifouling* (Chandra dkk., 2022).

Namun demikian, penelitian sebelumnya masih terbatas pada sistem berbasis PSF dan belum banyak mengeksplorasi kombinasi matriks polimer lain seperti PVA yang dikenal lebih ramah lingkungan, mudah difabrikasi, dan memiliki interaksi kuat dengan GO. Selain itu, integrasi CuS ke dalam membran berbasis PVA/GO belum dievaluasi secara komprehensif, terutama terkait hubungan komposisi CuS dengan kemampuan *self-cleaning* serta efisiensi pemurnian zat warna tertentu seperti *Remazol Black B*. Celah inilah yang menjadi dasar penelitian ini.

Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan membran komposit PVA/GO/CuS dengan menentukan hubungan antara komposisi CuS terfabrikasi terhadap kemampuan pemurnian zat warna *Remazol Black B* dengan sifat *self-cleaning* menggunakan prinsip nanofiltrasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh membran komposit PVA/GO/CuS dengan kemampuan pemurnian zat warna dan *self-cleaning* yang optimal, serta fluks air yang tinggi.

## **I.2 Tujuan Penelitian**

1. Memperoleh membran komposit PVA/GO/CuS.
2. Mengidentifikasi pengaruh jumlah CuS yang difabrikasikan pada permukaan membran terhadap karakteristik membran komposit yang diperoleh.

3. Mengevaluasi performa pemisahan membran terhadap zat warna *Remazol Black B* khususnya dalam hal persentase rejeksi, kemampuan *self-cleaning*, dan permeabilitasnya sebagai parameter efisiensi pemisahan.