

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Air telah lama dikenal sebagai sumber kehidupan yang vital bagi semua makhluk hidup, khususnya bagi manusia. Kebutuhan air bersih semakin mendesak seiring pertumbuhan populasi dan urbanisasi yang cepat, lebih dari satu dari empat orang di dunia atau sekitar 2 milyar orang tidak memiliki akses terhadap layanan sanitasi dasar (OECD & World Health Organization, 2020). Akibatnya, sanitasi air menjadi isu yang semakin krusial untuk diatasi. Adapun solusi yang efektif dalam menghadapi tantangan ini adalah melalui teknologi filter air, yang merupakan teknologi serbaguna yang digunakan untuk menyaring air. Teknologi ini memanfaatkan membran semi-permeabel yang memiliki pori-pori sangat kecil untuk menyaring kontaminan (Jakhu, 2022). Membran dirancang untuk hanya memungkinkan molekul air dan partikel-partikel kecil tertentu melewatinya.

Teknologi membran telah banyak diterapkan di berbagai aplikasi pengolahan air seperti pengolahan air limbah (Bera dkk., 2022), desalinasi air laut (Ahmad dkk., 2021), dialisis (Mollahosseini dkk., 2020), pemurnian protein (Liu dkk., 2020), dan sebagainya. membran sebagai fitur utama dari berbagai aplikasi tersebut harus memiliki karakteristik tertentu seperti permeabilitas dan selektivitas yang tinggi, sifat mekanik yang kuat, dan ketahanan terhadap fouling. Karakteristik-karakteristik ini sangat dipengaruhi oleh bahan dasar yang digunakan untuk membuat membran (Zuo dkk., 2021). Material yang paling umum digunakan adalah keramik dan polimer. membran keramik menawarkan keunggulan dalam hal ketahanan kimia dan suhu yang lebih tinggi, serta ketahanan mekanik yang superior, namun biayanya relatif mahal (Asif & Zhang, 2021). Sedangkan, membran polimer sering digunakan karena fleksibilitas dan kemudahan pembuatannya, serta biaya yang relatif rendah (Xu dkk., 2022). Material polimer yang digunakan sebagai bahan dasar membran terbagi menjadi dua, yaitu polimer alam dan polimer sintetik.

Salah satu material yang telah banyak digunakan adalah polyethersulfone (PES) yang merupakan polimer sintetik. PES telah dikenal memiliki sifat termal dan mekanik yang sangat baik, sehingga mampu bertahan dalam kondisi yang keras dan suhu tinggi (Mashhadikhan dkk., 2024; Tavangar dkk., 2020). Namun, PES memiliki kelemahan utama pada sifat hidrofobiknya (Vafaei dkk., 2023), yang menyebabkan permukaannya cenderung menolak air dan meningkatkan risiko biofouling. Biofouling adalah akumulasi mikroorganisme, alga, dan organisme lainnya pada permukaan material yang dapat mengganggu kinerja dan efisiensi sistem yang menggunakannya (Gorkem Gizer dkk., 2022). Oleh karena itu, upaya meningkatkan sifat hidrofilik membran PES dan mencari solusi untuk mengurangi biofouling menjadi fokus penting dalam pengembangan dan aplikasi terhadap membran PES. Modifikasi membran yang berbahan dasar PES terus dikembangkan untuk upaya meningkatkan sifat hidrofiliknya. Beberapa pendekatan yang digunakan meliputi penambahan polimer aditif yang lebih hidrofobik serta integrasi nanopartikel. Seperti penggunaan *polyvinylpyrrolidone* (PVP) dan *polyethyleneglycol* (PEG), penambahan polimer PVP bertujuan untuk meningkatkan kinerja permukaan membran dengan cara mengurangi afinitasnya terhadap air, sehingga mengurangi sifat biofouling (Wu dkk., 2021). Di sisi lain, integrasi nanopartikel terhadap membran PES tidak hanya meningkatkan sifat hidrofilik tetapi juga memberikan manfaat tambahan seperti peningkatan kekuatan mekanik, stabilitas termal, dan sifat antimikroba.

Pengaruh prekursor polimer aditif dan nanopartikel yang memiliki banyak variasi membuat pengujian laboratorium menjadi kurang efisien dan dapat memproduksi banyak limbah. Maka dari itu, metode komputasi dipilih karena memiliki efisiensi waktu dan hemat biaya. Pengujian komputasi juga dapat mengatasi keterbatasan yang berkaitan dengan kompleksitas. Salah satu metode yang dipakai adalah machine learning (ML), yang efektif dalam menangani kompleksitas berbagai sistem pengujian dengan pendekatan berbasis data (Ricci & De Angelis, 2024). Kecerdasan buatan dan daya komputasi yang canggih membuat ML lebih efisien dan mudah digunakan, dengan didukung oleh banyak referensi dan berbagai

algoritma yang tersedia. Metode ML secara umum dikelompokkan menjadi tiga, yaitu, supervised learning, unsupervised learning, dan reinforcement learning (Pugliese dkk., 2021). Supervised learning merupakan metode ML dengan memberi label terhadap hasil keluarannya, salah satu metodenya adalah artificial neural network (ANN). Metode ANN adalah metode supervised learning yang terinspirasi dari cara kerja otak manusia. ANN terdiri atas lapisan-lapisan neuron yang saling terhubung dan mampu mempelajari pola-pola kompleks dalam data (Patel dkk., 2022). ANN sangat efektif untuk tugas-tugas klasifikasi, prediksi, dan pengenalan pola, menjadikannya alat yang kuat dalam pengujian komputasi berbasis ML. Keunggulan ANN terletak pada kemampuannya untuk menangani data dengan struktur yang rumit dan menghasilkan model yang akurat dari data yang dilabeli (Patel dkk., 2022). ANN dapat menemukan pola-pola rumit yang dapat digunakan sebagai model untuk memprediksi performa pemisahan dan mengetahui kondisi optimum formula dan karakterisasi membran komposit PES/aditif polimer/nanopartikel.

Secara singkat penelitian ini dimulai dengan mengkoleksi data eksperimen membran komposit PES/polimer aditif/nanopartikel, lalu penggunaan metode ANN sebagai model terhadap ML untuk menyelidiki pengaruh penting antar parameter formula dan karakteristik dalam membran komposit PES terhadap performa pemisahan, yakni fluks air dan rejeksi. Lalu, interpretasi berbasis ML menawarkan pemahaman komprehensif tentang preparasi membran komposit PES/polimer aditif/nanopartikel dan memberikan pedoman untuk pengembangan teknologi membran lebih lanjut

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan dalam latar belakang penelitian, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana kemampuan prediksi model ANN terhadap performa membran komposit PES/Aditif/Nanopartikel?

2. Bagaimana pengaruh parameter formulasi dan karakteristik membran komposit PES/Aditif/Nanopartikel terhadap performa berdasarkan prediksi model ANN?
3. Bagaimana kondisi optimum membran komposit PES/Aditif/Nanopartikel?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang diajukan, penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai

1. Kemampuan prediksi model ANN terhadap performa membran komposit PES/Aditif/Nanopartikel?
2. Pengaruh komposisi dan karakteristik membran komposit PES/Aditif/Nanopartikel terhadap performa berdasarkan prediksi model ANN?
3. Kondisi optimum membran komposit PES/Aditif/Nanopartikel?

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil temuan penelitian ini diharapkan menjadi rujukan untuk pengembangan eksperimen sejenis tentang pengembangan dan aplikasi model prediksi machine learning terhadap pemahaman dan optimasi membran komposit PES/Aditif/Nanopartikel.

1.5 Struktur Organisasi Skripsi

Struktur skripsi organisasi ini terdiri dari: bab I pendahuluan, bab II kajian pustaka, bab III metode penelitian, bab IV hasil dan pembahasan, serta bab V simpulan dan rekomendasi. Bab I Pendahuluan meliputi pembahasan mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan struktur penulisan tesis. Bab II mengeksplorasi topik-topik relevan untuk penelitian ini seperti konsep teknologi membran filter air, modifikasi membran komposit PES/polimer aditif/nanopartikel, machine learning, dan *artificial neural network*. Metodologi Penelitian, mendeskripsikan prosedur penelitian termasuk metode yang digunakan prosedur kerja penelitian. Bab IV, Hasil dan Diskusi, menyajikan temuan penelitian dan diskusi mengenai hasil tersebut. Terakhir, Bab V, Simpulan dan Saran, menutup skripsi dengan mencakup kesimpulan dari penelitian ini dan

memberikan rekomendasi untuk penelitian selanjutnya. Pada skripsi ini juga berisi lampiran yang menyertakan data-data serta gambar yang tidak ditampilkan pada bab sebelumnya.