

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Gas rumah kaca (GRK) merupakan gas di atmosfer yang berfungsi untuk menyerap sinar radiasi inframerah matahari sehingga suhu permukaan bumi tetap hangat. Konsentrasi gas rumah kaca dalam jumlah tinggi yang naik ke atmosfer menyebabkan efek rumah kaca sehingga panas matahari tetap terperangkap dalam atmosfer dan mengakibatkan kenaikan suhu permukaan bumi. Kenaikan suhu ini memberi dampak langsung pada perubahan lingkungan dan pemanasan global (Rahmadania, 2022). Salah satu gas rumah kaca yang banyak dihasilkan dari aktivitas manusia yaitu karbon dioksida (CO₂).

Kadar CO₂ di atmosfer telah meningkat signifikan dalam beberapa tahun terakhir (Anwar et al., 2022). Penelitian emisi gas rumah kaca dari pengelolaan sampah di Jakarta menyatakan bahwa kegiatan pengelolaan sampah perkotaan Jakarta pada tahun 2022 menghasilkan total net emisi GRK sebesar 1.516,60 ton CO₂-eq/tahun (Sekarsari et al., 2023). Mulyani (2021) menambahkan bahwa penggunaan bahan bakar mesin kendaraan bermotor, kegiatan industri pabrik, penggundulan hutan, dan penggunaan CFC (*chlorofluorocarbon*) secara berlebihan dapat meningkatkan produksi karbon di atmosfer. Peningkatan emisi CO₂ dalam jumlah besar dapat menjadi ancaman bagi keberlangsungan hidup seluruh makhluk di muka bumi. Oleh karena itu, pengurangan emisi CO₂ berlebih sangat penting untuk dilakukan.

Teknologi konvensional pemisahan CO₂ dari campuran gas dapat dilakukan dengan distilasi kriogenik, penggunaan cairan ionik dan adsorpsi (Ding et al., 2022). Namun, teknologi konvensional ini biasanya memiliki kelemahan seperti biaya pemeliharaan yang mahal karena kerusakan sistem disebabkan oleh pembentukan CO₂ padat, intoleransi dengan uap air, kemampuan adsorpsi CO₂ rendah, korosi peralatan, degradasi pelarut, kebutuhan energi tinggi untuk regenerasi pelarut, dan stabilitas rendah (Friess et al., 2021). Banyaknya masalah dalam pemrosesan CO₂ secara konvensional mendorong pengembangan teknologi

membran sebagai alternatif pengolahan gas karena kemudahan dalam fabrikasi dan efektivitas biaya (Friess et al., 2021).

Teknologi berbasis membran untuk pemisahan gas adalah langkah pengendalian polusi udara yang dianggap efisien dengan tingkat kemurnian cukup tinggi (Valappil et al., 2021). Proses pemisahan berbasis membran memiliki berbagai keunggulan mencakup konsumsi energi yang rendah, efektivitas biaya, dan kemudahan dalam proses pengembangannya (Fard et al., 2018). Di antara berbagai bahan membran, bahan berbasis polimer dipertimbangkan sebagai material potensial untuk pemisahan CO₂ karena stabilitas kimia yang baik, sifat mekanik yang luar biasa (Jiang et al., 2019). Membran polimer juga memiliki tingkat selektivitas pemisahan spesi kimia yang tinggi dan biaya bahan yang lebih terjangkau dari membran anorganik. Salah satu jenis polimer matriks yang dapat dipilih adalah polivinilidena fluorida (PVDF).

PVDF merupakan salah satu fluoropolimer hidrofobik yang digunakan untuk aplikasi membran, tetapi penelitian dan pengembangan aplikasi membran PVDF dalam pemisahan gas masih relatif sedikit (Ju et al., 2020). PVDF memiliki beberapa keunggulan seperti kekuatan mekanik yang tinggi, stabilitas termal yang baik, memiliki ketahanan yang tinggi terhadap sebagian besar bahan kimia termasuk pelarut, asam, dan hidrokarbon. Selain itu, PVDF memiliki kelarutan yang tinggi dalam berbagai pelarut organik (Zakria et al., 2021). Namun, membran polimer masih memiliki kelemahan, yaitu efek *trade-off* antara permeabilitas gas dan selektivitasnya (Yong et al., 2023). Untuk mengatasi masalah tersebut, para peneliti mencoba untuk menggabungkan keunggulan sifat material organik dengan bahan lain melalui pengembangan komposit yang disebut dengan *mixed-matrix membrane* atau membran matriks campuran (MMM). Material nanoporous sebagai *filler* dapat dikombinasikan ke dalam membran polimer untuk meningkatkan sifat dan kinerja membran (Binti Zahri, 2019). MMM memiliki keunggulan dibandingkan dengan metode lainnya, antara lain meningkatkan sifat fisik, termal, dan mekanik, stabil terhadap kerusakan akibat kenaikan suhu, mengatasi masalah *trade-off* pada membran dan meningkatkan permeabilitas dan selektivitas pemisahan gas (Kamble et al., 2021a).

Putri Amalia Zahraj, 2024

SINTESIS, KARAKTERISASI DAN UJI KINERJA MIXED MATRIX MEMBRANES PVDF/MIL-101(Cr)/GO UNTUK PEMISAHAN GAS CO₂

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Filler yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Metal Organic Frameworks* (MOFs) jenis MIL-101(Cr). MIL (*Materials of Institute Lavoisier frameworks*) memiliki luas permukaan spesifik yang tinggi, adsorpsi yang baik, struktur pori yang fleksibel, dan stabilitas hidrotermal yang sangat baik (Yulia et al., 2019a). MIL-101(Cr) memiliki stabilitas yang baik terhadap kelembaban dan tahan terhadap pemanasan pada 423 K. Daya tarik lainnya adalah kemudahan ligan yang difungsikan selama proses sintesis atau berbagai jenis perlakuan kimia pasca sintesis pada ligan organik pada struktur MIL-101(Cr) (Yulia et al., 2019b). Meskipun MIL-101(Cr) memiliki sifat fisik dan sifat kimia yang sangat menjanjikan berbagai aplikasi, sifat-sifat MOFs bisa ditingkatkan dengan memodifikasi strukturnya dalam beberapa cara, seperti pertukaran ion, ligan post-sintesis, mengubah senyawa penghubung organik dan pembuatan komposit dengan material yang sesuai (Ahmed et al., 2013). Dengan menyusun MOF dengan bahan yang sesuai, kinetika sintesis, morfologi, sifat fisikokimia, dan potensi penerapan komposit MOF dapat ditingkatkan secara signifikan. Selain itu, prosedur pembuatan komposit relatif mudah dan energi yang efisien.

Salah satu material yang berhasil digunakan untuk pembuatan komposit MOF adalah grafena oksida (GO). Struktur grafena oksida mengandung banyak gugus fungsional teroksidasi, seperti gugus karboksil, gugus hidroksil, dan gugus epoksi di permukaan yang dapat berinteraksi dengan CO₂ melalui gerakan kuadropol dan membantu meningkatkan selektivitas (Sainath et al., 2021). Selain itu, GO juga memiliki kekuatan mekanik, konduktivitas listrik, ketahanan alkali yang baik serta sifat fisik dan kimia yang sangat baik (Sun et al., 2022a).

Laporan penelitian sebelumnya telah berhasil mengembangkan MMMs berbasis PVDF/MIL-101(Cr). Studi Rajati et al. (2020) yang mensintesis campuran polimer PVDF/Matrimid dengan MIL-101(Cr) 10 w/w%, memperoleh kenaikan permeabilitas CO₂ dan selektivitas CO₂/CH₄ masing-masing sebesar 102% dan 77% dibandingkan dengan matrimid murni (Feijani et al., 2018) melaporkan sintesis MMMs yang mengandung berbagai konsentrasi GO dalam PVDF dan kinerja terbaik diperoleh pada GO 0,5% dengan kemampuan permeabilitas CO₂ sebesar 0,897 Barrer dan selektivitas CO₂/CH₄ sebesar 40,63 pada tekanan 5 bar

Putri Amalia Zahrai, 2024

SINTESIS, KARAKTERISASI DAN UJI KINERJA MIXED MATRIX MEMBRANES PVDF/MIL-101(Cr)/GO UNTUK PEMISAHAN GAS CO₂

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

dan suhu ruang dengan gas murni. Selanjutnya, penelitian komposit MIL-101(Cr)/GO menghasilkan kapasitas adsorpsi CO₂ 1,5 kali lebih tinggi dibanding MIL-101(Cr), yaitu mencapai 22,4 mmol g⁻¹ pada 25 bar dan 298 K. Untuk gas alam berkarakteristik 10% CO₂ dan 90% CH₄, selektivitas MIL-101(Cr)/GO mencapai 32 pada 1,5 bar, lebih dari tiga kali lipat selektivitas MIL-101(Cr) (X. Zhou et al., 2015). Belum ada penelitian sebelumnya yang dilakukan untuk mensintesis MMMs PVDF/MIL-101(Cr)/GO dengan struktur berpori dan menggunakan metode sintesis inversi fasa untuk memisahkan gas CO₂. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan penelitian ini.

Namun demikian, penelitian yang telah dilakukan belum banyak yang melaporkan karakteristik MMMs dengan dukungan struktur berpori berbasis PVDF/MIL-101(Cr)/GO untuk pemisahan gas CO₂. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mensintesis MMMs PVDF/MIL-101(Cr)/GO melalui metode inversi fasa, mengetahui karakteristik (struktur dan sifat fisika-kimia) dan kinerja MMMs PVDF/MIL-101(Cr)/GO akan ditentukan dari pengukuran permeasi gas CO₂, N₂, dan CH₄ serta selektivitas CO₂/CH₄ dan CO₂/N₂.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana kondisi optimum sintesis MMMs PVDF/MIL-101(Cr)/GO menggunakan metode inversi fasa?
- b. Bagaimana karakteristik dan kinerja MMMs PVDF/MIL-101(Cr)/GO?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh informasi mengenai:

- a. Kondisi optimum sintesis MMMs PVDF/MIL-101(Cr)/GO menggunakan metode inversi fasa.
- b. Karakteristik dan kinerja MMMs PVDF/MIL-101(Cr)/GO

1.4. Manfaat Penelitian

Temuan penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan teknologi di bidang membran komposit untuk pemisahan gas. Secara khusus, penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan untuk penelitian sejenis berbasis polimer komposit PVDF/MIL-101(Cr)/GO yang dapat menjadi produk alternatif untuk proses pemisahan gas CO₂/CH₄.

1.5. Sistematika Penulisan Skripsi

Skripsi ini terdiri dari Bab I berisi tentang pendahuluan yang meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan skripsi. Bab II berisi tentang kajian pustaka meliputi teknologi membran, metode sintesis membran, material membran, karakterisasi membran komposit, dan kinerja membran komposit. Bab III berisi tentang metode penelitian, alat, bahan dan langkah kerja penelitian. Bab IV berisi tentang temuan dan pembahasan. Bab V berisi tentang simpulan dan saran. Pada skripsi ini juga berisi lampiran yang menyediakan data-data dan gambar hasil penelitian.