



# LAPORAN HASIL PENELITIAN

## Sintesis Membran Silika Dengan Substrat $\alpha$ – *Alumina Flat Disk* Untuk Purifikasi Bio – CNG ( $\text{CO}_2/\text{CH}_4$ )

---

---

### BAB I

### PENDAHULUAN

#### I.1 Latar Belakang

Energi merupakan suatu kebutuhan dasar yang dapat mendukung seluruh aktivitas dalam berbagai bidang. Mayoritas pemanfaatan energi di Indonesia masih berasal dari sumber energi berbasis fosil (Sidik et al., 2023). Sementara itu, kenaikan jumlah permintaan akan kebutuhan energi juga semakin meningkat. Berdasarkan data BPS tahun 2023, peningkatan emisi  $\text{CO}_2$  pada sektor ekonomi menyumbangkan lebih dari 50% dari total emisi  $\text{CO}_2$ . Oleh karena itu, perlu dilakukannya upaya strategi dalam menangani peningkatan emisi gas karbon, yaitu dengan mengembangkan energi baru terbarukan. Di masa yang akan datang, pengembangan energi akan terus meningkat seiring berjalannya waktu dari energi berbasis fosil menjadi energi hijau rendah karbon.

Peningkatan emisi  $\text{CO}_2$  dapat diatasi dengan mengembangkan energi rendah karbon ramah lingkungan, salah satunya adalah biogas. Biogas merupakan energi alternatif ramah lingkungan yang berasal dari sumber alami yang mudah terurai dan dapat diperoleh dari lingkungan sekitar, seperti kotoran hewan ternak, hingga limbah POME (*Palm Oil Mill Effluent*). Kandungan dalam biogas dari POME meliputi gas metana ( $\text{CH}_4$ ) 50-75%, karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) 25-45%, nitrogen (N) <2%, hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) 0,1-0,5%, dan oksigen ( $\text{O}_2$ ) (Wijono, 2017). Biogas menjadi mudah terbakar, jika kandungan metana dalam biogas melebihi 40% sehingga termasuk dalam kategori bahan bakar yang efisien karena memiliki nilai kalor yang tinggi (Damayanti et al., 2021). Namun, biogas yang mampu membakar tersebut masih menimbulkan permasalahan terhadap pencemaran lingkungan akibat gas rumah kaca. Salah satu komponen utama gas rumah kaca yang ditimbulkan adalah karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ). Komponen tersebut dapat diminimalisir dengan metode yang telah ada yaitu metode adsorpsi gas menggunakan material adsorben (Setiawan & Chiang, 2019).



## LAPORAN HASIL PENELITIAN

### Sintesis Membran Silika Dengan Substrat $\alpha$ – *Alumina Flat Disk* Untuk Purifikasi Bio – CNG ( $\text{CO}_2/\text{CH}_4$ )

---

Usaha untuk mendapatkan biogas agar memiliki kandungan gas metana ( $\text{CH}_4$ ) yang tinggi dapat diminimalisir dengan salah satu metode yang telah ada, yaitu metode adsorpsi gas menggunakan material adsorben. Penggunaan metode adsorpsi dalam mengadsorpsi gas karbodioksida ( $\text{CO}_2$ ) membutuhkan material adsorben yang terus diperbarui sehingga menimbulkan *secondary waste* dan bahan kimia yang tinggi (Andriani et al., 2020). Pemisahan gas menggunakan membran dipilih karena dapat digunakan secara berulang (*recycle*) dan pengoperasian tanpa bahan kimia berbahaya, serta stabilitas mekanik dan thermal yang tinggi. Salah satu jenis membran yang memiliki potensi tinggi dalam proses pemisahan gas adalah membran silika dengan substrat  $\alpha$  – *alumina*. Membran silika merupakan salah satu jenis membran anorganik berbasis oksida logam yang memiliki struktur berpori dengan ukuran dalam rentang mesopori. Material ini dikenal karena kestabilannya terhadap suhu tinggi, ketahanannya terhadap lingkungan kimia yang agresif, serta kemampuannya untuk disintesis dengan ukuran pori yang dapat dikontrol. Salah satu pendekatan untuk mengendalikan struktur pori membran silika adalah dengan menggunakan surfaktan sebagai agen pembentuk pori (*templating agent*). *Cetyltrimethylammonium bromide* (CTAB) merupakan surfaktan kationik yang umum digunakan dalam sintesis membran silika, karena mampu menghasilkan struktur pori yang seragam dan terkontrol. Variasi konsentrasi CTAB yang digunakan dalam sintesis dapat memengaruhi ukuran, distribusi, dan keterhubungan pori dalam matriks silika, sehingga dapat disesuaikan dengan kebutuhan aplikasi tertentu, seperti purifikasi biogas.

Pengembangan membran berbasis silika untuk pemisahan gas telah mengalami kemajuan yang cukup signifikan dalam beberapa tahun terakhir. (Pizzoccaro-Zilamy et al., 2019) memperkenalkan generasi baru membran silika mesopori melalui pendekatan *Stöber-solution pore-growth*, yang mampu menghasilkan struktur dengan porositas tinggi dan distribusi pori yang lebih seragam. Penelitian ini menegaskan bahwa pendekatan modifikasi pertumbuhan pori merupakan strategi penting dalam meningkatkan performa pemisahan gas. Selanjutnya, (Sutrisna et al., 2020) mengevaluasi potensi *ZIF-8/polysulfone mixed*

---



## LAPORAN HASIL PENELITIAN

### Sintesis Membran Silika Dengan Substrat $\alpha$ – *Alumina Flat Disk* Untuk Purifikasi Bio – CNG ( $\text{CO}_2/\text{CH}_4$ )

---

*matrix membranes* untuk proses *upgrading* biogas. Hasil penelitian tersebut menunjukkan adanya peningkatan selektivitas terhadap  $\text{CO}_2$ , namun stabilitas membran polimer terhadap suhu tinggi masih menjadi keterbatasan dalam penerapan skala industri. Penelitian lebih baru oleh (Han et al., 2024) melaporkan sintesis *mesoporous silica* menggunakan pendekatan *sol-gel* dengan penyesuaian arsitektur dan komposisi, yang mampu menghasilkan struktur pori terkontrol dan menunjukkan potensi aplikasi pada pemisahan gas. Temuan-temuan ini menegaskan bahwa membran berbasis silika memiliki prospek besar dalam teknologi pemisahan gas, khususnya karena kestabilan termal dan kimianya.

Berdasarkan perkembangan tersebut, penelitian ini menggabungkan metode *sol-gel* dan *dip coating* dalam sintesis membran silika. Pemilihan metode tersebut didasarkan pada kelebihannya dalam menghasilkan lapisan silika tipis yang homogen, terikat kuat pada substrat, serta memungkinkan pengendalian struktur pori melalui parameter sintesis. Keterbaruan penelitian ini terletak pada penggunaan variasi konsentrasi CTAB (0,01 M; 0,03 M; 0,05 M; 0,07 M; 0,09 M) sebagai *templating agent* untuk memodifikasi ukuran dan distribusi pori, serta pemanfaatan  $\alpha$ -alumina sebagai *support membran*. Substrat  $\alpha$ -*alumina* dipilih karena ketahanan mekaniknya yang tinggi, stabilitas pada suhu tinggi, dan kemampuannya mencegah retakan pada lapisan silika. Melalui strategi ini diharapkan memperoleh membran silika dengan pori seragam berukuran mesopori (2–5 nm), yang sesuai untuk aplikasi pemurnian biogas. Oleh karena itu, penelitian ini ditujukan untuk mengevaluasi performa membran silika hasil sintesis dalam pemisahan ( $\text{CO}_2/\text{CH}_4$ ) serta menentukan kondisi optimum yang mendukung penerapannya pada proses *upgrading* bio-CNG.



# LAPORAN HASIL PENELITIAN

## Sintesis Membran Silika Dengan Substrat $\alpha$ – *Alumina Flat Disk* Untuk Purifikasi Bio – CNG ( $\text{CO}_2/\text{CH}_4$ )

---

### I.2 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh penambahan variasi konsentrasi CTAB (*Cetyltrimethylammonium bromide*) terhadap kemampuan permeabilitas membran silika.
2. Mengetahui pengaruh variasi suhu pengeringan terhadap permeabilitas membran silika.
3. Mengetahui performa membran silika terbaik berdasarkan hasil analisis pengujian permeasi gas dan nilai permeabilitasnya.

### I.3 Manfaat Penelitian

1. Mengoptimalkan kinerja dan performa membran silika dengan variasi konsentrasi CTAB (*Cetyltrimethylammonium bromide*) dan suhu pengeringan dalam melakukan purifikasi biogas.
2. Meningkatkan nilai tambah informasi tentang teknologi membran silika untuk purifikasi biogas.
3. Berperan aktif dalam mengurangi jumlah emisi gas karbon melalui pengembangan dan peningkatan teknologi membran silika untuk aplikasi dalam pemisahan gas.