

LAPORAN HASIL PENELITIAN

**SINTESIS MEMBRAN SILIKA DENGAN SUBSTRAT α – ALUMINA
FLAT DISK UNTUK PURIFIKASI BIO – CNG (CO₂/CH₄)**



Disusun oleh :

Jesika Kirana Putri

21031010247

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR
SURABAYA
2025**

LAPORAN HASIL PENELITIAN
SINTESIS MEMBRAN SILIKA DENGAN SUBSTRAT α -ALUMINA
FLAT DISK UNTUK PURIFIKASI BIO - CNG (CO_2/CH_4)



Disusun oleh :

Jesika Kirana Putri

21031010247

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"

JAWA TIMUR
SURABAYA

2025



LAPORAN HASIL PENELITIAN
Sintesis Membran Silika Dengan Substrat α - Alumina Flat Disk
Untuk Purifikasi Bio - CNG (CO_2/CH_4)

LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN HASIL PENELITIAN

**"SINTESIS MEMBRAN SILIKA DENGAN SUBSTRAT α - ALUMINA
FLAT DISK UNTUK PURIFIKASI BIO - CNG (CO_2/CH_4)"**

Disusun oleh :

Jesika Kirana Putri

21031010247

Telah dipertahankan, dihadapkan, dan diterima oleh Tim Penguji

Pada tanggal : 19 September 2025

Dosen Penguji :

Dosen Pembimbing :

1.


Erwan Adi Saputro, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 19800410 200501 1 001


Ir. Suprihatin, M.T.
NIP. 19630508 199203 2 001

2.


Prof. Dr. Ir. Ni Ketut Sari, M.T.
NIP. 19650731 199203 2 001

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur


Prof. Dr. Dra. Jarivali, M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001



LAPORAN HASIL PENELITIAN
Sintesis Membran Silika Dengan Substrat α - Alumina Flat Disk
Untuk Purifikasi Bio - CNG (CO_2/CH_4)

LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN HASIL PENELITIAN

"SINTESIS MEMBRAN SILIKA DENGAN SUBSTRAT α - ALUMINA
FLAT DISK UNTUK PURIFIKASI BIO - CNG (CO_2/CH_4)"

Disusun oleh :

Jesika Kirana Putri

21031010247

Ramadhanu Dirja

21031010255

Penelitian ini telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing Penelitian

Ir. Suprihatin, M.T.,
NIP. 19630508 199203 2 001

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Jesika Kirana Putri
NPM : 21031010247
Program : Sarjana (S1)
Program Studi : Teknik Kimia
Fakultas : Teknik dan Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Tugas Akhir/Skripsi/Tesis/Disertasi* ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemulan indikasi plagiat pada Skripsi/Tesis/Desertasi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 10 November 2025

Yang Membuat Pernyataan



Jesika Kirana Putri

NPM. 21031010247



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS**

Jl. Raya Rungkut Madya Gunung Anyar Surabaya 60295 Telp. (031) 872179 Fax. (031)872257

KETERANGAN REVISI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama: 1. 21031010247 Jesika Kirana Putri
2. 21031010255 Ramadhanu Dirja

Jurusan : Teknik Kimia

Telah mengerjakan revisi/tidak ada revisi*) Proposal/ Skripsi/ Kerja Praktek, dengan

Judul:

**"SINTESIS MEMBRAN SILIKA DENGAN SUBSTRAT α - ALUMINA FLAT DISK
UNTUK PURIFIKASI BIO - CNG (CO_2/CH_4)"**

Surabaya, 19 September 2025

Dosen Penguji yang memerintahkan revisi :

1. Erwan Adi Saputro, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 19800410 200501 1 001

2. Prof. Ir. Dr. Ni Ketut Sari, M.T.
NIP. 19650731 199203 2 001

Mengetahui,

Dosen Pembimbing

(Ir. Suprihatin, M.T)
19630508 199203 2 001

*) Coret yang tidak perlu



INTISARI

Penelitian ini membahas sintesis membran silika dengan substrat α – alumina flat disk untuk aplikasi purifikasi bio – CNG (CO_2/CH_4) dengan metode sol-gel menggunakan TEOS (*Tetraethyl orthosilicate*) sebagai prekursor dan CTAB (*Cetyltrimethylammonium bromide*) sebagai *templating agent*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi CTAB (*Cetyltrimethylammonium bromide*) terhadap ukuran pori membran silika yang terbentuk, pengaruh variasi suhu pengeringan, serta memperoleh performa membran terbaik berdasarkan hasil analisis XRD, SEM-EDX, dan uji permeasi gas. Variasi konsentrasi CTAB (*Cetyltrimethylammonium bromide*) yang digunakan adalah 0,01 M ; 0,03 M ; 0,05 M ; 0,07 M ; 0,09 M dengan variasi suhu pengeringan 80°C ; 90°C ; 100°C ; 110°C ; 120°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi CTAB (*Cetyltrimethylammonium bromide*) menghasilkan ukuran pori yang lebih teratur dan meningkatkan nilai fluks gas metana (CH_4) pada pengujian permeasi gas. Suhu pengeringan 120°C menghasilkan struktur membran yang stabil dengan distribusi pori seragam dan retakan minimal. Analisis XRD menunjukkan terbentuknya kristal silika dengan puncak khas, sedangkan SEM-EDX menunjukkan distribusi unsur silika yang merata pada permukaan substrat. Membran dengan konsentrasi CTAB 0,05 M dan suhu pengeringan 120°C memberikan performa terbaik untuk pemisahan gas campuran (CO_2/CH_4). Dengan demikian, membran silika hasil penelitian ini berpotensi diaplikasikan dalam purifikasi bio – CNG (CO_2/CH_4) untuk meningkatkan kadar metana (CH_4) sebagai energi terbarukan ramah lingkungan.

Kata kunci : Bio – CNG (CO_2/CH_4), CTAB (*Cetyltrimethylammonium bromide*), Membran Silika, Purifikasi, Suhu Pengeringan.



KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa atas segala ridho-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan laporan hasil penelitian yang berjudul “Sintesis Membran Silika Dengan Substrat α – Alumina Flat Disk Untuk Purifikasi Bio – CNG (CO_2/CH_4)” sebagai salah satu syarat untuk kelulusan. Pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada semua pihak yang telah membantu baik dalam proses penelitian sampai penyusunan laporan. Ucapan terima kasih ini disampaikan kepada :

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains UPN “Veteran” Jawa Timur.
2. Dr. Ir. Sintha Soraya Santi, MT., selaku Koordinator Program Studi Teknik Kimia UPN “Veteran” Jawa Timur.
3. Ir. Suprihatin, M.T., selaku Dosen Pembimbing Penelitian yang senantiasa memberikan bimbingan, ide, saran, dan masukan kepada penulis.
4. Erwan Adi Saputra, S.T., M.T., Ph.D., selaku Dosen Penguji Penelitian.
5. Prof. Dr. Ir. Ni Ketut Sari, M.T., selaku Dosen Penguji Penelitian
6. Dr. Ir. Hens Saputra, M.Eng., IPU selaku Pembimbing Riset BRIN (Badan Riset dan Inovasi Nasional)
7. Kedua orang tua kami yang senantiasa memberikan dukungan dan semangat baik moril maupun materil.

Kami menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan proposal ini. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat kami harapkan untuk penyempurnaan laporan hasil penelitian. Akhir kata, kami berharap laporan hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan semua pihak.

Surabaya, 1 September 2025

Penyusun.



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	iii
SURAT KETERANGAN REVISI.....	iv
INTISARI	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Tujuan Penelitian	4
I.3 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
II.1 Teori Umum.....	5
II.1.1 Membran Silika.....	5
II.1.2 Klasifikasi Membran.....	6
II.1.3 α – Alumina ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$).....	8
II.1.4 Bio-CNG (<i>Biomethane Compress Natural Gas</i>).....	10
II.1.5 Ukuran dan Massa Molekul Gas	11
II.1.6 Metode Purifikasi Biogas.....	12
II.1.7 Metode <i>Dip Coating</i>	14
II.2 Landasan Teori	15
II.2.1 Spesifikasi Membran Untuk Purifikasi Biogas	15
II.2.2 Pembuatan Membran Silika Untuk Purifikasi Biogas	16
II.2.3 Mekanisme Pembentukan Misel Menjadi Membran Silika	18
II.2.4 Reaksi Yang Terjadi Dalam Pembentukan Membran Silika	19
II.2.5 Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi.....	21
II.3 Hipotesis	23
BAB III METODE PENELITIAN	24



LAPORAN HASIL PENELITIAN
Sintesis Membran Silika Dengan Substrat α – Alumina Flat Disk
Untuk Purifikasi Bio – CNG (CO₂/CH₄)

III.1 Bahan.....	24
III.2 Rangkaian Alat	25
III.3 Variabel	28
III.3.1 Kondisi Yang Ditetapkan.....	28
III.3.2 Peubah Yang Dijalankan	28
III.4 Prosedur Riset.....	29
III.4.1 Prosedur <i>Treatment</i> α – Alumina Flat Disk.....	29
III.4.2 Prosedur Sintesis Larutan Induk (<i>Mother Liquor</i>).....	29
III.4.3 Prosedur Sintesis Membran Silika.....	29
III.5 Diagram Alir.....	31
III.5.1 Diagram Alir Preparasi α – Alumina Flat Disk.....	31
III.5.2 Diagram Alir Sintesis Membran Silika.....	32
III.6 Analisis Membran Silika	33
III.6.1 Uji <i>Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy</i> (SEM – EDX).....	33
III.6.2 Uji <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	33
III.6.3 Uji Permeabilitas Gas	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
IV.1 Spesifikasi Substrat α -Alumina	36
IV.2 Hasil Analisis Membran.....	38
IV.2.1 Analisis Hasil Sintesis Larutan Induk (<i>Mother Liquor</i>)	38
IV.2.2 Analisis Morfologi Membran (Uji SEM – EDX).....	42
IV.2.3 Analisis Pengujian XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>)	46
IV.2.4 Hasil Pengujian Performa Membran (Uji Permeasi Gas).....	48
IV.2.5 Permodelan <i>Response Surface Methodology</i> (RSM) Terhadap Separation Factor Optimum Purifikasi Bio – CNG	57
IV.3 Implikasi dan Potensi Aplikasi Membran Silika Dengan Substrat α – Alumina	65
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	67
V.1 Kesimpulan.....	67
V.2 Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	68



LAPORAN HASIL PENELITIAN
Sintesis Membran Silika Dengan Substrat α – Alumina Flat Disk
Untuk Purifikasi Bio – CNG (CO_2/CH_4)

LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN.....	75
LAMPIRAN 2 DOKUMENTASI RISET	76
LAMPIRAN 3 LEMBAR PENGUJIAN XRD	103
LAMPIRAN 4 LEMBAR PENGUJIAN SEM – EDX.....	106
LAMPIRAN 5 HASIL CEK PLAGIARISME (TURNITIN)	107



DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Struktur Morfologi Membran Silika.....	5
Gambar II.2 Klasifikasi Membran Berdasarkan Ukuran Pori, Proses, dan Aplikasi	6
Gambar II.3 Substrat α – <i>Alumina</i> ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$).....	8
Gambar II.4 Sumber Energi Alternatif Biogas	10
Gambar II.5 Mekanisme Pemisahan Pada Membran.....	14
Gambar II.6 Langkah Metode <i>Dip-Coating</i>	15
Gambar II.7 Skematik Pembentukan Nanopartikel Silika: (a) pembentukan <i>micel silica-surfactan</i> , (b) nukleasi, (c) <i>growth</i> , dan (d) <i>aging</i>	18
Gambar II.8 Skematik Mekanisme Awal Pembentukan <i>Micelles</i> Menjadi Membran Silika	19
Gambar II.9 Skema Reaksi Pembentukan Membran Silika.....	21
Gambar III.1 Rangkaian Alat Sintesis Larutan Induk (<i>Mother Liquor</i>)	25
Gambar III.2 Rangkaian Alat Kalsinasi	26
Gambar III.3 Rangkaian Alat Permeasi Gas (Pemprometri)	27
Gambar III.4 Diagram Alir Preparasi Substrat α – <i>Alumina Flat Disk</i>	31
Gambar III.5 Diagram Alir Sintesis Membran Silika	32
Gambar IV.1 (a) Sintesis Membran Silika Melalui Prosedur Pertumbuhan Sol-Gel Spontan (b) Analisis TEM 2D Membran Silika.....	39
Gambar IV.2 (A) Hasil Uji SEM ; (B) Grafik Hasil Pemetaan EDX ; (C) Hasil Pemetaan EDX (Zr, Al, Si) Untuk Variasi Konsentrasi CTAB 0,01 M Pada Suhu Pengeringan 120°C.....	43
Gambar IV.3 (A) Hasil Uji SEM ; (B) Grafik Hasil Pemetaan EDX ; (C) Hasil Pemetaan EDX (Zr, Al, Si) Untuk Variasi Konsentrasi CTAB 0,05 M Pada Suhu Pengeringan 120°C.....	43
Gambar IV.4 (A) Hasil Uji SEM ; (B) Grafik Hasil Pemetaan EDX ; (C) Hasil Pemetaan EDX (Zr, Al, Si) Untuk Variasi Konsentrasi CTAB 0,09 M Pada Suhu Pengeringan 120°C.....	44
Gambar IV.5 Kurva Intensitas XRD Membran Silika Sampel Variasi	46



LAPORAN HASIL PENELITIAN
Sintesis Membran Silika Dengan Substrat α – Alumina Flat Disk
Untuk Purifikasi Bio – CNG (CO_2/CH_4)

Gambar IV.6 Representatif pola XRD Silika Peneliti Terdahulu	47
Gambar IV.7 Permeabilitas Membran Pada Setiap Variasi Suhu Pengeringan Membran Silika.....	52
Gambar IV.8 Grafik Separation Factor Pada Setiap Variabel Suhu Pengeringan	56
Gambar IV. 9 Kontur Pengaruh Konsentrasi CTAB (A) dan Suhu Pengeringan (B) terhadap Separation Factor (α).....	63
Gambar IV. 10 Permukaan Respon (3D surface plot) Pengaruh Konsentrasi CTAB (A) dan Suhu Pengeringan (B) terhadap Nilai Separation Factor (α) Pada Membran Silika.	64
Gambar Lampiran 3.1 Lembar Pendaftaran Analisis Sampel Untuk Pengujian XRD	103
Gambar Lampiran 3.2 Hasil Uji Sampel Dengan Konsentrasi CTAB 0,01M, Suhu Pengeringan 120°C	103
Gambar Lampiran 3.3 Hasil Uji Sampel Dengan Konsentrasi CTAB 0,03M, ...	104
Gambar Lampiran 3.4 Hasil Uji Sampel Dengan Konsentrasi CTAB 0,05M, Suhu Pengeringan 120°C	104
Gambar Lampiran 3.5 Hasil Uji Sampel Dengan Konsentrasi CTAB 0,07M, ...	105
Gambar Lampiran 3.6 Hasil Uji Sampel Dengan Konsentrasi CTAB 0,07M, ...	105
Gambar Lampiran 4.1 Lembar Pendaftaran Analisis Sampel Untuk Pengujian SEM-EDX	106



LAPORAN HASIL PENELITIAN
Sintesis Membran Silika Dengan Substrat α – Alumina Flat Disk
Untuk Purifikasi Bio – CNG (CO_2/CH_4)

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Ukuran Molekul dan Massa Molekul Beberapa Gas.....	11
Tabel IV.1 Spesifikasi Penahan Cakram Keramik (<i>Ceramic Disc Holders</i>).....	36
Tabel IV.2 Spesifikasi <i>Ceramic Membrane</i>	37
Tabel IV.3 Penampakan Fisik Hasil Sintesis <i>Mother Liquor</i>	40
Tabel IV.4 Rata – Rata Waktu Gas Metana (CH_4) Yang Dapat Melewati Membran	49
Tabel IV.5 Volume Gas Metana (CH_4) Yang Dapat Melewati Membran.....	50
Tabel IV.6 Perhitungan Nilai Fluks	51
Tabel IV.7 Perhitungan Nilai Permeabilitas Membran.....	52
Tabel IV.8 Permeabilitas Gas Tunggal Metana (CH_4)	54
Tabel IV.9 Permeabilitas Gas Tunggal Karbon dioksida (CO_2).....	55
Tabel IV.10 <i>Separation Factor</i> Dari Membran Silika.....	55