

FABRIKASI *MIXED MATRIX MEMBRANE* BERBASIS POLISULFON DENGAN PENGISI KOMPOSIT NiCo/ ZEOLIT NaY UNTUK PEMISAHAN GAS BINER

SALMA FADILLA NUR SAFITRI



**PROGRAM STUDI ANALISIS KIMIA
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



PERNYATAAN MENGENAI PROYEK TUGAS AKHIR DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa proyek tugas akhir dengan judul “Fabrikasi *Mixed Matrix Membrane* Berbasis Polisulfon dengan Pengisi Komposit NiCo/Zeolit NaY untuk Pemisahan Gas Biner” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir proyek tugas akhir ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2026

Salma Fadilla Nur Safitri
J0412221111



ABSTRAK

SALMA FADILLA NUR SAFITRI. Fabrikasi *Mixed Matrix Membrane* Berbasis Polisulfon dengan Pengisi Komposit NiCo/Zeolit NaY untuk Pemisahan Gas Biner. Dibimbing oleh NOVIA AMALIA SHOLEHA.

Peningkatan emisi karbon dioksida (CO₂) mendorong pengembangan *mixed matrix membrane* (MMM) sebagai teknologi pemisahan gas yang lebih efektif. Penelitian ini bertujuan mensintesis komposit NiCo/zeolit NaY berbasis kaolin sebagai filler membran polisulfon (PSF) serta mengevaluasi pengaruhnya terhadap kinerja pemisahan gas. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa struktur zeolit NaY tetap terjaga setelah impregnasi NiCo dan logam berhasil terdispersi pada permukaan zeolit. Komposit NiCo/zeolit NaY 5% memiliki kapasitas adsorpsi CO₂ tertinggi sehingga dipilih sebagai filler membran. Membran dengan variasi filler 0,5% menghasilkan selektivitas H₂/CO₂ tertinggi dan memiliki kinerja paling mendekati kurva Robeson *Upper Bound* 2008, sedangkan filler 1,5% menghasilkan permeans CO₂ tertinggi sebesar 4,97 GPU. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit NiCo/zeolit NaY berpotensi meningkatkan kinerja membran untuk aplikasi pemisahan gas.

Kata kunci: *mixed matrix membrane*, NiCo/zeolit NaY, pemisahan gas biner, polisulfon

ABSTRACT

SALMA FADILLA NUR SAFITRI. Fabrication of a Polysulfone-Based Mixed-Matrix Membrane with NiCo/NaY Zeolite Composite Filler for Binary Gas Separation. Supervised by NOVIA AMALIA SHOLEHA.

Rising carbon dioxide (CO₂) emissions have driven the development of mixed matrix membranes (MMMs) as a more effective gas separation technology. This study aims to synthesize a kaolin-based NiCo/NaY zeolite composite as a filler for polysulfone (PSF) membranes and to evaluate its effect on gas separation performance. Characterization results show that the NaY zeolite structure remains intact after NiCo impregnation and that the metal is successfully dispersed on the zeolite surface. The 5% NiCo/NaY zeolite composite exhibits the highest CO₂ adsorption capacity and was therefore selected as the membrane filler. The membrane with a 0.5% filler content produced the highest H₂/CO₂ selectivity and exhibited performance closest to the 2008 Robeson Upper Bound curve, while the 1.5% filler content yielded the highest CO₂ permeance of 4.97 GPU. The results indicate that the NiCo/NaY zeolite composite has the potential to enhance membrane performance for gas separation applications.

Keywords: mixed-matrix membrane, NiCo/NaY zeolite, binary gas separation, polysulfone



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

FABRIKASI *MIXED MATRIX MEMBRANE* BERBASIS POLISULFON DENGAN PENGISI KOMPOSIT NiCo/ ZEOLIT NaY UNTUK PEMISAHAN GAS BINER

SALMA FADILLA NUR SAFITRI

Laporan Proyek Tugas Akhir
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Terapan pada
Program Studi Analisis Kimia

**PROGRAM STUDI ANALISIS KIMIA
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

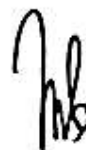
Judul Laporan Proyek : Fabrikasi *Mixed Matrix Membrane* Berbasis
Tugas Akhir Polisulfon dengan Tugas akhir Pengisi Komposit
NiCo/Zeolit NaY untuk Pemisahan Gas Biner
Nama : Salma Fadilla Nur Safitri
NIM : J0412221111

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing:

Dr. Novia Amalia Sholeha, S.Si.
NIP. 199311012024062002



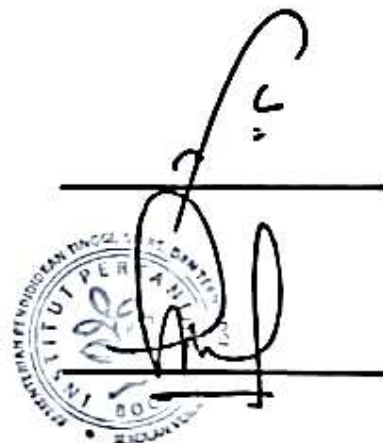
Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Dr. Farida Laila S.Si., M.Si.
NIP. 19761103201492002

Dekan Sekolah Vokasi:

Dr. Ir. Aceng Hidayat, M.T.
NIP. 196607171992031003



IPB University

Tanggal Ujian: 17 Juli 2026

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Desember 2025 sampai bulan Mei 2026 ini ialah Riset Energi dan Material dengan judul “Fabrikasi *Mixed Matrix Membrane* Berbasis Polisulfon dengan Pengisi Komposit NiCo/Zeolit NaY untuk Pemisahan Gas Biner”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada pembimbing satu Dr. Novia Amalia Sholeha, S.Si., yang telah membimbing penulis selama penelitian. Ucapan terima kasih disampaikan kepada Dr. Triyanda Gunawan, S.Si., sebagai pembimbing lapang dari Departemen Kimia ITS beserta staf Laboratorium yang telah membantu selama pengumpulan data. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Bapak Suratno, Ibu Maryani, Adik Khumairah serta seluruh teman-teman yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2026

Salma Fadilla Nur Safitri



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR PERSAMAAN	ix
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
1.6 Hipotesis	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Karakteristik Karbon Dioksida (CO ₂) dalam Pemisahan Gas	4
2.2 Adsorpsi CO ₂ pada Material Berpori	4
2.3 Pemisahan Gas Biner	5
2.4 <i>Mixed Matrix Membrane</i> (MMM) untuk Pemisahan Gas Biner	6
2.5 Peran Bimetal NiCo Sebagai Filler MMM	7
2.6 Zeolit sebagai Material Pendukung Logam	8
2.7 Karakterisasi	9
III METODE	12
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	12
3.2 Alat dan Bahan	12
3.3 Prosedur Kerja	12
3.4 Analisis Data	18
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Hasil Sintesis Filler dan Karakterisasi Membran	19
4.2 Hasil Uji Pendahuluan Filler Membran NiCo/Zeolit NaY	32
4.3 Hasil Fabrikasi dan Pengujian MMM Berbasis Filler NiCo/Zeolit NaY	36
V SIMPULAN DAN SARAN	44
5.1 Simpulan	44
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	51
RIWAYAT HIDUP	60



DAFTAR TABEL

2.1	Penelitian mixed matrix membrane untuk pemisahan gas	7
4.1	Karakteristik zeolit NaY hasil XRD	25
4.2	Hasil analisis EDS NiCo/zeolit NaY 5%	30
4.3	Karakteristik tekstur NiCo/NaY 5% b/b	35

DAFTAR GAMBAR

2.1	Skema adsorpsi gas metode barometrik	5
2.2	Struktur kerangka zeolit-Y (Subaer dan Fansuri 2018)	8
2.3	Spektra FTIR zeolit NaY (Mekki <i>et al.</i> 2020)	9
2.4	Skema kerja SEM (Ullah <i>et al.</i> 2024)	10
2.5	Karakterisasi XRD zeolit NaY (Rachman <i>et al.</i> 2018)	10
2.6	Pengujian BET zeolit NaY (Nokpho <i>et al.</i> 2025)	11
3.1	Diagram penelitian	13
3.2	Skema percobaan pemisahan gas pada membran	17
4.1	Difraktogram metakaolin	19
4.2	Reaksi hidroksilasi kaolin (Jain dan Rimer 2020)	20
4.3	Difraktogram sinar-X dari zeolit NaY	21
4.4	Karakterisasi FTIR zeolit NaY	22
4.5	Difraktogram XRD (a) zeolit NaY (b) Ni/NaY (c) Co/NaY	24
4.6	Difraktogram XRD (e) NiCo/NaY 5% (f) NiCo/NaY 10% (1:1) (g) NiCo/NaY 10% (7:3) (h) NiCo/NaY 15%	26
4.7	Spektra infrared filler MMM (a) zeolit NaY (b) Ni/NaY (c) Co/NaY	27
4.8	Spektra infrared filler MMM NiCo/NaY dengan variasi logam (a) 5% b/b (b) NiCo/NaY 10% b/b (1:1) (c) NiCo/NaY 10% b/b (7:3) (d) NiCo/NaY 15% b/b	28
4.9	Karakterisasi morfologi dan komposisi unsur filler NiCo/zeolit NaY 5% menggunakan SEM-EDS (a) citra SEM pada perbesaran 5.000× (b) citra SEM pada perbesaran 25,000× (c) hasil pemetaan unsur (EDS mapping)	30
4.10	Kapasitas adsorpsi CO ₂ pada suhu 25°C dan tekanan 1 bar	33
4.11	Isoterm adsorpsi-desorpsi N ₂ dari NiCo/NaY 5% b/b	35
4.12	Membran hasil sintesis	37
4.13	Fisik <i>mixed matrix membrane</i> (MMM) berbasis polisulfon dengan filler komposit NiCo/zeolit NaY	38
4.14	Uji pemisahan gas CO ₂ /CH ₄ pada suhu 25°C dan tekanan satu bar	39
4.15	Uji pemisahan gas H ₂ /CO ₂ pada suhu 25°C dan tekanan satu bar	40
4.16	Kinerja pemisahan gas biner (a) H ₂ /CO ₂ dan (b) CO ₂ /CH ₄	42



DAFTAR PERSAMAAN

1	Kapasitas adsorpsi	15
2	Nilai permeans	17
3	Perhitungan selektivitas	17
4	Perhitungan permeabilitas	18
5	Linear plot logaritmik	41

DAFTAR LAMPIRAN

1	Perhitungan sintesis zeolit NaY dengan kaolin	52
2	Data pengujian kapasitas adsorpsi	56
3	Data waktu pemisahan gas CO ₂ /CH ₄ dan H ₂ /CO ₂	57
4	Hasil permeans dan selektivitas pemisahan gas	58
5	Perhitungan permeans dan selektivitas membran terhadap gas campuran CO ₂ /CH ₄	59