

SKRIPSI

PENGARUH VARIASI WAKTU OPERASI DAN LAJU ALIR CO₂ TERHADAP PROSES METANASI CO₂ MENGGUNAKAN KATALIS Ni/Al₂O₃ PADA *FIXED BED REACTOR*



**Diajukan Sebagai Persyaratan Mata Kuliah Skripsi Program Diploma IV
Pada Jurusan Teknik Kimia
Program Studi D-IV Teknologi Kimia Industri**

OLEH :

**Jesika Indillah
062240422481**

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG
2026**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**PENGARUH VARIASI WAKTU OPERASI DAN LAJU ALIR CO_2
TERHADAP PROSES METANASI CO_2 MENGGUNAKAN KATALIS
 $\text{Ni/Al}_2\text{O}_3$ PADA *FIXED BED REACTOR***

OLEH :

JESIKA INDILLAH

062240422481

Palembang, Juli 2026

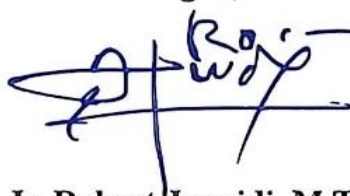
Menyetujui,

Pembimbing I,



Didiek Hari Nugroho, S.T., M.T
NUPTK. 5362758659130123

Pembimbing II,



Ir. Robert Junaidi, M.T
NUPTK. 7044744645131083

Mengetahui,

**Ketua Jurusan
Teknik Kimia**



Tahdid, S.T., M.T.
NIP. 197201131997021001

**Koordinator Program Studi
D-IV Teknologi Kimia Industri**



Dr. Yuniar S.T., M.Si
NIP. 197306211999032001



Telah Diseminarkan Dihadapan Tim Penguji
Di Program Studi Sarjana Terapan (DIV) – Teknologi Kimia Industri
Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya
Pada Tanggal 29 Juni 2026

Tim Penguji

1. Prof. Dr.Ir. Muhammad Yerizam, M.T
NUPTK. 5041739640130053
2. Adi Syakdani, S.T., M.T..
NUPTK. 4743747648130132
3. Dwi Indah Lestari, M.Eng.
NUPTK. 1550775676230182

Tanda tangan

()

()

()

Palembang, 03 Juli 2026
Mengetahui,
Koordinator Program Studi Sarjana Terapan
D-IV Teknologi Kimia Industri

()

Dr. Yuniar, S.T., M.Si.
NIP. 197306211999032001





KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

JURUSAN TEKNIK KIMIA

Jalan Srijaya Negara, Palembang 30139

Telp. 0711-353414, Laman : <http://polsri.ac.id>, Pos El : kimia@polsri.ac.id

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Jesika Indillah

Nim : 062240422481

Jurusan/ Program Studi : Teknik Kimia / D-IV Teknologi Kimia Industri

Menyatakan bahwa dalam penelitian laporan akhir dengan judul “ **Pengaruh Variasi Waktu Operasi Dan Laju Alir CO₂ Terhadap Proses Metanasi CO₂ Menggunakan Katalis Ni/Al₂O₃ Pada Fixed Bed Reactor.**” Tidak mengandung unsur “ PLAGIAT “ sesuai dengan PERMENDIKNAS No. 17 Tahun 2010.

Bila pada kemudian hari terdapat unsur-unsur plagiat dalam penelitian ini , saya bersedia diberikan sanksi peraturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan tidak ada paksaan dari pihak manapun.

Pembimbing I,

Palembang, Juli 2026
Penulis,

Didiek Hari Nugroho, S.T.,M.T
NUPTK.5362758659130123

Jesika Indillah
NIM. 062240422481

Pembimbing II,

Ir. Robert Junaidi, M.T
NUPTK.0066071207



MOTO

Dalam Setiap Lelah Ada Proses, Dalam Setiap Proses Ada Pembelajaran , Dan
Dalam Setiap Perjuangan Ada Keberhasilan
(Jesika Indillah)

Allah Tidak Membebani Seseorang Melainkan Sesuai Dengan Kesanggupannya
(QS. Al - Baqarah : 286)

Maka tunggulah hari yang sangat indah itu. Jangan putus asa dulu, jangan nyerah dulu, jangan nyerah dulu, jangan berhenti berharap dulu, katakan saja ‘gapapa deh, gapapa deh’ walaupun harus teriak, nangis , terluka , gapapa ya Allah , gapapa ya Allah. Sampai Allah bilang udh ya sekarang udah selesai, aku ganti sekarang episode berikutnya kamu akan dapatkan semua kebaikan dilangit dan dibumi, sampai kamu sendiri terheran-heran dan gabisa membendungnya
(Ustadz Hanan Attaki)

Keberhasilan Bukanlah Milik Orang Yang Pintar , Keberhasilan Adalah Milik Mereka Yang Senantiasa Berusaha
(B.J. .Habibie)

Jangan Takut Jatuh , Karena Yang Tidak Pernah Memanjatlah Yang Tidak Pernah Jatuh
(Buya Hamka)

ABSTRAK

PENGARUH VARIASI WAKTU REAKSI DAN LAJU ALIR CO₂ TERHADAP PROSES METANASI CO₂ MENGGUNAKAN KATALIS Ni/Al₂O₃ PADA *FIXED BED REACTOR*

Jesika indillah, 2026 , 67 halaman , 7 Tabel , 9 Gambar , 3 Lampiran

Emisi CO₂ di Indonesia meningkat 4,54% (2015–2019) menjadi 527,3 juta ton, mendorong perlunya teknologi konversi CO₂ menjadi metana (CH₄) melalui reaksi Sabatier. Penelitian ini menganalisis pengaruh variasi waktu operasi (20–60 menit) dan laju alir CO₂ (0,1; 0,04; 0,03 L/menit) terhadap metanasi menggunakan katalis Ni/Al₂O₃ (50 g) dengan promotor Zn (15 g) dan larutan NaOH 4M (250 mL) dalam reaktor *fixed bed* sirkulasi batch pada suhu 200°C dan tekanan 1 bar. Gas produk dianalisis dengan *Multi Gas Detector Analyzer*. Hasil menunjukkan peningkatan waktu operasi dan penurunan laju alir meningkatkan konversi. Kondisi optimum dicapai pada waktu 60 menit dan laju alir 0,03 L/menit dengan konversi CO₂ 53,96%, menghasilkan CH₄ 51,28% dan sisa CO₂ 46,04%. Capaian ini jauh lebih tinggi dibandingkan penelitian sebelumnya (yield CH₄ 10,07–25,71%). Mekanisme reaksi meliputi absorpsi CO₂ oleh NaOH menjadi NaHCO₃, produksi H₂ *in situ* dari reaksi Zn-air, dan hidrogenasi katalitik pada permukaan Ni/Al₂O₃. Penelitian ini membuktikan efektivitas sistem metanasi terintegrasi sebagai solusi mitigasi emisi sekaligus produksi energi alternatif berkelanjutan.

Kata Kunci: *Fixed Bed Reactor*, Katalis Ni/Al₂O₃, Laju Alir, Metanasi CO₂, Waktu Reaksi.

ABSTRACT

THE EFFECT OF REACTION TIME VARIATION AND CO₂ FLOW RATE ON THE CO₂ METHANATION PROCESS USING Ni/Al₂O₃ CATALYST IN FIXED BED REACTOR

Jesika Indillah, 2026, 67 pages, 7 Tables, 9 Figures, 3 Appendices

Indonesia's CO₂ emissions rose by 4.54% (2015–2019) to 527.3 million tons, necessitating effective conversion technologies like CO₂ methanation (Sabatier reaction) to produce valuable methane (CH₄). This study investigates the effects of reaction time (20–60 min) and CO₂ flow rate (0.1, 0.04, 0.03 L/min) on methanation using a Ni/Al₂O₃ catalyst (50 g) with a Zn promoter (15 g) and 4M NaOH solution (250 mL) in a batch circulation fixed bed reactor at 200°C and 1 bar. Product gas was analyzed using a Multi Gas Detector Analyzer. Results show that longer reaction times and lower flow rates enhance CO₂ conversion. The optimum condition was achieved at 60 minutes and 0.03 L/min, yielding a CO₂ conversion of 53.96%, with CH₄ production at 51.28% and residual CO₂ at 46.04%. This performance significantly surpasses previous studies (CH₄ yields of 10.07–25.71%). The reaction mechanism involves CO₂ absorption by NaOH forming NaHCO₃, in situ H₂ production via Zn-water reaction, and catalytic hydrogenation on Ni/Al₂O₃ surfaces. This research confirms the integrated methanation system as an effective solution for emission mitigation and sustainable alternative energy production.

Keywords: *Fixed Bed Reactor, Flow Rate , Methanation, Ni/Al₂O₃ Catalyst, Reaction Time.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi serta menyusun laporan Skripsi yang berjudul **“Pengaruh Variasi Waktu Operasi Dan Laju Alir CO₂ Terhadap Proses Metanasi CO₂ Menggunakan Katalis Ni/Al₂O₃ Pada *Fixed Bed Reactor*”**. Laporan Skripsi disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada jurusan Teknik Kimia Program Studi D-IV Teknologi Kimia Industri Politeknik Negeri Sriwijaya. Dalam penyusunan Skripsi ini, penulis menyadari bahwa tanpa bantuan, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak, penyusunan Skripsi ini tidak akan berjalan dengan lancar. Maka pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada pihak - pihak yang telah membantu kelancaran dalam penyusunan Skripsi ini, antara lain:

1. Ir. Irawan Rusnandi, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya beserta jajaranya.
2. Dr. Yusri, S.Pd., M.Pd. selaku Wakil Direktur I Politeknik Negeri Sriwijaya
3. Tahdid, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
4. Isnandar Yunanto, S.ST., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
5. Dr. Yuniar, S.T., M.Si. selaku Ketua Program D-IV Teknologi Kimia Industri Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
6. Prof. Dr.Ir.Muhammad Yerizam,M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik di Politeknik Negeri Sriwijaya.
7. Didiek Hari Nugroho, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I dalam pelaksanaan Tugas Akhir (TA)
8. Ir. Robert Junaidi, M.T selaku Dosen Pembimbing II dalam pelaksanaan Tugas Akhir (TA)
9. Seluruh Dosen beserta staf Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
10. Yang tercinta orang tua penulis papa abdul wahab dan mama suryati , sebagai wujud rasa terimakasih selalu bangga dengan penulis walaupun

selalu dikecewakan , terimakasih yang tak terhingga atas kasih sayang yang kalian berikan , langkah kecil yang penulis lalui kalian hiasi dengan doa , perjalanan panjang ini tidak akan berarti tanpa kalian, sehat selalu dan panjang umur karena mama dan papa harus selalu ada disetiap perjuangan dan pencapaian hidup penulis.

11. Kepada saudara kandung dan keponakan penulis Nova rastinah, indra syahputra , karamika , arum perista , safira maulika , syairazi mauza azril, arga jw , princeton dzalika, satria erlangga , terimakasih penulis ucapkan untuk dukungan yang berarti serta doanya , terimakasih selalu mengulurkan tangan kepada penulis disaat penulis merasa tidak baik-baik.
12. Tugas akhir ini ku persembahkan untuk diriku sendiri, Jesika Indillah. perempuan yang telah melewati begitu banyak tantangan, rintangan , keraguan dan perjuangan untuk sampai pada titik ini. Karya ini bukan sekadar lembaran ilmiah , melainkan jejak langkah tentang kemampuan untuk bertahan dan terus bertumbuh, meski jalan yang ditempuh kerap terasa berat dan penuh tantangan. Untuk diriku yang tak pernah benar benar menyerah, yang memilih tetap melangkah dalam ketekunan, meski malam-malam panjang terlewati tanpa tidur, waktu-waktu berharga harus dikorbankan dan lelah sering kali datang seperti batas yang hampir runtuh.
13. Kepada seseorang yang tidak kalah penting, Irfan jauhari. terimakasih telah menjadi bagian dari perjalanan hidup penulis , berkontribusi penuh dalam setiap langkah yang penulis lalui , selalu ada disetiap keluh dan kesah serta tidak hentinya memberikan semangat pantang menyerah, selalu meyakinkan dan memotivasi penulis.
14. Kepada sahabat penulis, Nadya nur aziza. Terimakasih telah mau bersahabat dengan penulis dari masa SMA walaupun banyak yang menghasut untuk menjauhi penulis. Terimakasih atas kepercayaannya , dukungan , motivasi dan uluran tangannya disaat penulis tidak baik-baik.
15. Kepada sahabat penulis, Lidiya anggraini. Terimakasih untuk canda , tawa , gurauan , kebersamaan dalam perjalanan 4 tahun ini. Terimakasih karena mau menjadi sahabat penulis , mau menemani penulis dalam perjalanan ini.

16. Annisa septia khairunnisa , andini dwinopta , amelia, dan muhammad fikri selaku rekan – rekan seperjuangan , terimakasih arahan , nasehat , bantuan, dukungan , serta motivasi nya.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis menerima kritik dan saran yang membangun dari pembaca, yang tentunya akan mendorong penulis untuk berkarya lebih baik lagi pada kesempatan yang akan datang. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Palembang, Juli 2026

Penulis,

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
MOTO	iii
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Luaran penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Karbon Dioksida (CO ₂).....	6
2.2 Metana (CH ₄)	7
2.3 Proses Metanasi CO ₂	9
2.4 Katalis	14
2.5 Zinc (Zn) Sebagai Promotor Katalis	16
2.6 Reaktor Fixed Bed.....	17
2.7 Penelitian Terdahulu.....	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Lokasi dan waktu Penelitian	23
3.2 Alat dan Bahan	23
3.2.1 Alat yang digunakan.....	23
3.2.2 Bahan yang digunakan	24
3.3 Rancangan Penelitian	24
3.3.1 Variabel Bebas.....	24
3.3.2 Variabel Terikat	24
3.3.3 Variabel Kontrol	24
3.4 Prosedur Penelitian.....	25

3.4.1 Pembuatan Larutan NaOH.	25
3.4.2 Proses Aktivasi Katalis Ni/Al ₂ O ₃	26
3.4.2 Proses Metanasi.....	27
3.4.3 Prosedur Operasi Unit	28
3.4.4 Rangkaian Alat Metanasi	30
3.5 Proses Pembersihan Alat Pascapercobaan	31
3.6 Analisis Gas Hasil Reaksi	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Hasil	33
4.2 Pembahasan.....	34
4.2.1 pengaruh variasi waktu operasi terhadap konversi CO ₂	34
4.2.2 Pengaruh laju alir terhadap konsentrasi CO ₂ sisa.....	38
4.2.3 Kondisi operasi optimal dalam proses metanasi CO ₂	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	42
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA.....	43
LAMPIRAN A PENGAMATAN.....	46
LAMPIRAN B PERHITUNGAN	47
LAMPIRAN C DOKUMENTASI	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Katalis Ni/Al ₂ O ₃	16
Gambar 2. 2 <i>Fixed Bed Reactor</i>	18
Gambar 3. 1 Diagram Alir Proses Aktivasi Ni/Al ₂ O ₃	26
Gambar 3. 2 Diagram Alir proses	27
Gambar 3. 3 Alat Metanator.....	30
Gambar 4. 1 Pengaruh variasi waktu operasi terhadap CH ₄ yang dihasilkan.....	35
Gambar 4. 2 pengaruh variasi waktu operasi terhadap CO ₂ yang dihasilkan	37
Gambar 4. 3 Pengaruh Laju alir CO ₂ terhadap CH ₄ yang dihasilkan	38
Gambar 4. 4 pengaruh Laju alir CO ₂ terhadap CO ₂ sisa.....	40
Gambar 4. 5 pengaruh Laju alir CO ₂ dan waktu operasi terhadap konversi CO ₂ dalam penentuan operasi optimal.....	40

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat Fisik Metana.....	9
Tabel 2. 2 Ringkasan Penelitian Terdahulu.....	19
Tabel 3. 1 Alat yang digunakan dalam penelitian.....	23
Tabel 3. 2 Bahan yang digunakan dalam penelitian.....	24
Tabel 4. 1 Hasil Analisa Sampel Tabung Gas CO ₂	33
Tabel 4. 2 Data Hasil Analisa Gas yang di dapatkan	33
Tabel 4. 3 Nilai Konversi CO ₂	34