

PROYEK AKHIR

Rancang Bangun Kolom Adsorpsi *Fixed-bed* Sistem *Recycle* dengan Zeolit Alam Teraktivasi untuk Reduksi CO₂ dan Peningkatan Persentase *Combustible gas* pada Biogas

*Diajukan Dalam Rangka Memenuhi Salah Satu Syarat Akademik Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T) dalam Bidang Teknologi Rekayasa
Bioproses Energi Terbarukan Diploma IV Politeknik ATI Padang*



Disusun Oleh :

1. WILDAN ALFIKRI 2113027
2. Muhammad Ananda Prima 2113015

Dosen Pembimbing:

Pembimbing 1: Rosalina, S.T., M.T.

Pembimbing 2: Hasnah Ulia, S.T., M.T.

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA

BIOPROSES ENERGI TERBARUKAN

POLITEKNIK ATI PADANG

BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA INDUSTRI

KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN REPUBLIK INDONESIA

2025

LEMBAR PENGESAHAN

Proyek akhir ini disusun oleh:

Nama : WILDAN ALFIKRI
No. BP : 2113027
Program Studi : Teknologi Rekayasa Bioproses Energi Terbarukan
Judul Proyek Akhir : Rancang Bangun Kolom Adsorpsi *Fixed-bed* Sistem *Recycle* dengan Zcolit Alam Teraktivasi untuk Reduksi CO₂ dan Peningkatan Persentase *Combustible gas* pada Biogas

Telah diuji dan dipertahankan di Depan Tim Penguji Ujian Komprehensif Program Sarjana Terapan Politeknik ATI Padang pada Hari Selasa Tanggal 26 Bulan Agustus Tahun 2025.

SUSUNAN TIM PENGUJI

1. Rosalina, S.T, M.T	(Ketua)	(.....)
2. Hasnah Ulia, M.T	(Sekretaris)	(.....)
3. Khairul Akli, M.T	(Penguji 1)	(.....)
4. Dr. Ir. Desniorita, M.P	(Penguji 2)	(.....)
5. Eko Supriadi, S.Pd, M.T	(Penguji 3)	(.....)

Padang, 26 Agustus 2025
Ketua Program Studi
Teknologi Rekayasa Bioproses
Energi Terbarukan,


Khairul Akli, M.T
NIP. 198603122010121001

LEMBAR PENGESAHAN

Proyek akhir ini disusun oleh:

Nama : Muhammad Ananda Prima
No. BP : 2113015
Program Studi : Teknologi Rekayasa Bioproses Energi Terbarukan
Judul Proyek Akhir : Rancang Bangun Kolom Adsorpsi *Fixed-Bed* Sistem *Recycle* dengan Zeolit Alam Teraktivasi untuk Reduksi CO₂ dan Peningkatan Persentase *Combustible Gas* pada Biogas

Telah diuji dan dipertahankan di Depan Tim Penguji Ujian Komprehensif Program Sarjana Terapan Politeknik ATI Padang pada Hari Selasa Tanggal 26 Bulan Agustus Tahun 2025.

SUSUNAN TIM PENGUJI

1. Rosalina, S.T., M.T. (Ketua)
2. Hasnah Ulla, S.T., M.T. (Sekretaris)
3. Khairul Akli, S.T., M.T. (Penguji 1)
4. Dr. Ir. Desniorita, M.P. (Penguji 2)
5. Eko Supriadi, S.Pd., M.T. (Penguji 3)

(.....)
(.....)
(.....)
(.....)
(.....)

Padang, 26 Agustus 2025
Ketua Program Studi
Teknologi Rekayasa Bioproses
Energi Terbarukan,


Khairul Akli, M.T
NIP. 198506122010121001

Rancang Bangun Kolom Adsorpsi *Fixed-bed* Sistem *Recycle* dengan Zeolit Alam Teraktivasi untuk Reduksi CO₂ dan Peningkatan Persentase *Combustible gas* pada Biogas

Muhammad Ananda Prima (2113015), Wildan Alfikri (2113027)

Dosen Pembimbing 1: Rosalina S.T., M.T.

Dosen Pembimbing 2: Hasnah Ulia S.T., M.T.

**Program Studi Teknologi Rekayasa Bioproses Energi Terbarukan,
Politeknik ATI Padang**

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan merancang dan menguji kolom adsorpsi tipe *Fixed-bed* dengan sistem *Recycle* menggunakan zeolit alam teraktivasi sebagai adsorben untuk meningkatkan mutu biogas. Kandungan CO₂ yang tinggi pada biogas menurunkan nilai kalor dan membatasi pemanfaatannya sebagai energi terbarukan. Penelitian dilakukan pada skala laboratorium dengan tiga konfigurasi, yaitu tanpa *Recycle*, dengan *Recycle*, dan *Recycle* menggunakan zeolit teraktivasi H₂SO₄. Biogas mentah dari PT KSI memiliki kandungan CO₂ awal 54,45% (volume) dengan *Combustible gas* 45,05% (volume). Hasil penelitian menunjukkan sistem tanpa *Recycle* menurunkan CO₂ hingga 4,57% (volume), sistem *Recycle* menjadi 3,88% (volume), sedangkan sistem *Recycle* dengan aktivasi H₂SO₄ mencapai 2,13% (volume). Efisiensi penghilangan CO₂ masing-masing adalah 92%, 93%, dan 96%. Dengan demikian, kombinasi sistem *Recycle* dan aktivasi zeolit terbukti meningkatkan kinerja adsorpsi secara signifikan serta menawarkan solusi yang efektif dan ekonomis untuk *Upgrading* biogas menuju standar *Biomethane*.

Kata Kunci: Biogas, Adsorpsi, Zeolit Alam, H₂SO₄, Sistem *Recycle*, CO₂, *Combustible gas*

Design and Development of a *Fixed-bed* Adsorption Column with *Recycle* System Using Activated Natural Zeolite for CO₂ Reduction and Enhancement of *Combustible gas* Percentage in Biogas

Muhammad Ananda Prima (2113015), Wildan Alfikri (2113027)

Advisor 1: Rosalina S.T., M.T.

Advisor 2: Hasnah Ulia S.T., M.T.

**Study Program of Renewable Energy Bioprocess Engineering Technology,
ATI Padang Polytechnic**

ABSTRACT

This study aims to design and evaluate a *Fixed-bed* adsorption column with a *Recycle* system using activated natural zeolite as an adsorbent to improve biogas quality. The high CO₂ content in biogas reduces its calorific value and limits its utilization as a renewable energy source. The research was conducted at a laboratory scale with three configurations: without *Recycle*, with *Recycle*, and *Recycle* using H₂SO₄-activated zeolite. Raw biogas from PT KSI contained 54.45% CO₂ (by volume) and 45.05% *Combustible gas* (by volume). The results showed that the system without *Recycle* reduced CO₂ to 4.57% (by volume), the *Recycle* system to 3.88% (by volume), while the *Recycle* system with H₂SO₄ activation achieved 2.13% (by volume). The corresponding CO₂ removal efficiencies were 92%, 93%, and 96%, respectively. Therefore, the combination of the *Recycle* system and zeolite activation significantly enhances adsorption performance and provides an effective and economical solution for biogas *Upgrading* toward *Biomethane* standards.

Keywords: Biogas, Adsorption, Natural Zeolite, H₂SO₄, *Recycle* System, CO₂, *Combustible gas*

KATA PENGANTAR

Penyusun mengucapkan puji dan syukur kepada Allah Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan begitu banyak rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan proyek akhir ini.

Penyusunan proyek akhir ini dapat terselesaikan berkat adanya dukungan bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Isra Mouludi, S.Kom, M.Kom. selaku Direktur Politeknik ATI Padang.
2. Bapak Khairul Akli, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Bioproses Energi Terbarukan.
3. Ibu Rosalina, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 Proyek Akhir.
4. Ibu Hasnah Ulia, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 2 Proyek Akhir.
5. Bapak Muhammad Arief selaku Analis *Workshop* Politeknik ATI Padang yang telah membantu dalam perakitan alat proyek akhir.
6. Kepada seluruh pihak yang telah membantu terselesaikannya proyek akhir.

Penyusun mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak yang bersifat membangun demi penyempurnaan laporan proyek akhir ini. Akhir kata penyusun berdoa semoga segala bantuan yang telah diberikan tersebut mendapat balasan pahala dari Allah Subhanahu Wa Ta'ala.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN PROYEK AKHIR.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Ruang Lingkup Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Rumusan Masalah	5
1.5 Tujuan Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Biogas.....	6
2.2 Pemurnian Biogas.....	7
2.3 <i>Combustible gas</i>	9
2.4 Proses Adsorpsi	10
2.5 Jenis Adsorben	11
2.6 Kolom Adsorpsi Tipe <i>Fixed-bed</i>	15
2.7 Sistem <i>Recycle</i> pada Adsorpsi.....	17
2.8 Penelitian Terdahulu.....	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Metode Penelitian.....	20
3.2 Alat dan Bahan	24
3.3 Prosedur Percobaan	24
3.4 Skema Alat	26
3.5 Skema Kerja	28
3.6 Variabel Percobaan.....	29

3.7	Teknik Pengumpulan dan Analisis Data	29
3.8	Anggaran Biaya	31
BAB IV TEMPAT DAN WAKTU PELAKSANAAN		32
4.1	Tempat Pelaksanaan Proyek Akhir	32
4.2	Waktu Pelaksanaan Proyek Akhir	32
4.3	Jadwal Pelaksanaan Proyek Akhir	32
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		33
5.1	Evaluasi Rancangan Kolom Adsorpsi Tipe <i>Fixed-bed</i> Sistem <i>Recycle</i> .	33
5.2	Evaluasi Kinerja Kolom Adsorpsi Berdasarkan Hasil Percobaan.....	35
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....		57
6.1	Kesimpulan.....	57
6.2	Saran	58
DAFTAR PUSTAKA.....		59
LAMPIRAN.....		61

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 2. 1 RENTANG NILAI <i>COMBUSTIBLE GAS</i>	10
GAMBAR 2. 2 GARAM BESI.....	12
GAMBAR 2. 3 KARBON AKTIF	13
GAMBAR 2. 4 ZEOLIT ALAM	13
GAMBAR 2. 5 SKEMA KOLOM ADSORPSI TIPE <i>FIXED-BED</i>	16
GAMBAR 2. 6 SKEMA SISTEM <i>RECYCLE</i> PADA KOLOM ADSORPSI	18
GAMBAR 3. 1 2D KOLOM ADSORPSI CO ₂ TIPE <i>FIXED-BED</i> SISTEM <i>RECYCLE</i>	26
GAMBAR 3. 2 KOLOM ADSORPSI CO ₂ TIPE <i>FIXED-BED</i> SISTEM <i>RECYCLE</i> TANPA <i>BLOWER</i>	27
GAMBAR 3. 3 KOLOM ADSORPSI CO ₂ TIPE <i>FIXED-BED</i> SISTEM <i>RECYCLE</i> DENGAN <i>BLOWER</i>	27
GAMBAR 3. 4 DIAGRAM ALUR RANCANG KOLOM ADSORPSI PENELITIAN	28
GAMBAR 3. 5 DIAGRAM ALUR PROSES PENELITIAN	28
GAMBAR 5. 1 KOLOM ADSORPSI TIPE <i>FIXED-BED</i> SISTEM <i>RECYCLE</i> ..	34
GAMBAR 5. 2 GRAFIK %LEL DAN %VOLUME <i>COMBUSTIBLE GAS</i> TANPA <i>RECYCLE</i>	41
GAMBAR 5. 3 GRAFIK %LEL DAN %VOLUME <i>COMBUSTIBLE GAS</i> DENGAN <i>RECYCLE</i>	44
GAMBAR 5. 4 GRAFIK %LEL DAN %VOLUME <i>COMBUSTIBLE GAS</i> <i>RECYCLE</i> (H ₂ SO ₄)	47
GAMBAR 5. 5 KURVA <i>BREAKTHROUGH</i> SEMUA VARIASI	49
GAMBAR 5. 6 PENGARUH VARIASI ADSORBER TERHADAP CO ₂ DAN <i>COMBUSTIBLE GAS</i>	51

DAFTAR TABEL

TABEL 2. 1 KOMPOSISI BIOGAS, BIOMETANA, DAN GAS ALAM	7
TABEL 2. 2 LITERATUR ACUAN PENELITIAN	18
TABEL 3. 1 DATA PENGAMATAN KOLOM ADSORPSI CO ₂ BIOGAS TANPA <i>RECYCLE</i>	30
TABEL 3. 2 DATA PENGAMATAN KOLOM ADSORPSI CO ₂ BIOGAS DENGAN <i>RECYCLE</i>	30
TABEL 3. 3 RANCANGAN ANGGARAN BIAYA PERALATAN PENELITIAN	31
TABEL 3. 4 RANCANGAN ANGGARAN BIAYA BAHAN PENELITIAN ...	31
TABEL 4. 1 JADWAL PELAKSANAAN PENELITIAN.....	32
TABEL 5. 1 SNI 9164:2023 BIOMETANA UNTUK BAHAN BAKAR	36
TABEL 5. 2 DATA HARIAN KOMPOSISI BIOGAS PT KSI.....	37
TABEL 5. 3 KOMPOSISI BIOGAS PT KSI SAAT PERCOBAAN.....	38
TABEL 5. 4 KOMPOSISI UMPAN BIOGAS PT KSI PERCOBAAN.....	38
TABEL 5. 5 DATA PENGUJIAN <i>COMBUSTIBLE GAS OUTLET</i> (%LEL), KONSENTRASI CO ₂ (%-VOL) DAN <i>COMBUSTIBLE GAS</i> (%-VOL) TANPA <i>RECYCLE</i>	39
TABEL 5. 6 KOMPOSISI BIOGAS OUTLET PERCOBAAN TANPA <i>RECYCLE</i>	41
TABEL 5. 7 DATA PENGUJIAN <i>COMBUSTIBLE GAS OUTLET</i> (%LEL), KONSENTRASI CO ₂ (%-VOL) DAN <i>COMBUSTIBLE GAS</i> (%-VOL) DENGAN <i>RECYCLE</i>	42
TABEL 5. 8 KOMPOSISI BIOGAS OUTLET PERCOBAAN DENGAN <i>RECYCLE</i>	45
TABEL 5. 9 DATA PENGUJIAN <i>COMBUSTIBLE GAS OUTLET</i> (%LEL), KONSENTRASI CO ₂ (%-VOL) DAN <i>COMBUSTIBLE GAS</i> (%-VOL) DENGAN <i>RECYCLE</i> (H ₂ SO ₄)	46
TABEL 5. 10 KOMPOSISI BIOGAS OUTLET PERCOBAAN <i>RECYCLE</i> (H ₂ SO ₄)	48
TABEL 5. 11 PENGARUH VARIASI TERHADAP CO ₂	51
TABEL 5. 12 PENGARUH VARIASI TERHADAP <i>COMBUSTIBLE GAS</i>	51

TABEL 5. 13 PENGARUH VARIASI TERHADAP <i>BREAKTHROUGH</i> TIME	53
TABEL 5. 14 PERBANDINGAN HASIL PENELITIAN DENGAN STUDI TERDAHULU	54