

**EFEKTIVITAS *MONOETHANOLAMINE* SEBAGAI ABSORBEN
CO₂ DAN H₂S DALAM PROSES PURIFIKASI BIOGAS
MENGUNAKAN ABSORBER TIPE *PACKED TOWER***

SKRIPSI



Oleh :

MUHAMMAD ELVAN AKMALDI ADIL

NPM 22034010098

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA
2026**

**EFEKTIVITAS MONOETHANOLAMINE SEBAGAI ABSORBEN
CO₂ DAN H₂S DALAM PROSES PURIFIKASI BIOGAS
MENGUNAKAN ABSORBER TIPE PACKED TOWER**

SKRIPSI



Oleh

MUHAMMAD ELVAN AKMALDI ADIL

NPM 22034010098

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA**

2026

LEMBAR PERSETUJUAN

**EFEKTIVITAS MONOETHANOLAMINE SEBAGAI
ABSORBEN CO₂ DAN H₂S DALAM PROSES PURIFIKASI
BIOGAS MENGGUNAKAN ABSORBER TIPE *PACKED*
TOWER**

Disusun Oleh:

Muhammad Elvan Akmaladi Adil
NPM. 22034010098

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian

Menyetujui,

Pembimbing

Muhammad Abdus Salam Jawwad, S.T., M.Sc
NIP./NPT. 19940727 202406 1001

Mengetahui,

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

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

LEMBAR PENGESAHAN

EFEKTIVITAS MONOETHANOLAMINE SEBAGAI
ABSORBEN CO₂ DAN H₂S DALAM PROSES PURIFIKASI
BIOGAS MENGGUNAKAN ABSORBER TIPE *PACKED*
TOWER

Disusun Oleh:

Muhammad Elvan AkmalDI Adli
NPM. 22034010098

Telah diuji kebenaran oleh Tim Penguji dan diterbitkan pada Jurnal
Serambi Engineering (Terakreditasi Sinta 4)

Menyetujui,

Pembimbing 1

TIM PENGUJI
1. Ketua

M. Abdus Salam Jawwad, S.T., M.Sc
NIP./NPT. 19940727 202406 1 001

Raden Kokoh Haryo Putro, S.T., M.T.
NIP./NPT. 19900905 201903 1 026

2. Anggota

Syadzadhiya O. Z. Nisa, S.T., M.T.
NIP./NPT. 212 1994 0930 296

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

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

LEMBAR REVISI

**EFEKTIVITAS MONOETHANOLAMINE SEBAGAI
ABSORBEN CO₂ DAN H₂S DALAM PROSES PURIFIKASI
BIOGAS MENGGUNAKAN ABSORBER TIPE PACKED
TOWER**

Disusun Oleh:

Muhammad Elvan Akmaldi Adil
NPM.22034010098

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal 9 Juli 2026

TIM PENILAI

KETUA

ANGGOTA

Raden Kokoh Harvo Putro, S.T., M.T.
NIP./NPT. 19900905 201903 1 026

Syadzadhiva O. Z. Nisa, S.T., M.T.
NIP./NPT. 212 1994 0930 296

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Elvan Akmaladi Adil

NPM : 22034010098

Program : Sarjana (S1)

Program Studi : Teknik Lingkungan

Fakultas : Teknik dan Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah 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 ditemukan indikasi plagiat pada skripsi 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, 15 Juli 2026

Y
yataan

Muhammad Elvan Akmaladi Adil

22034010098

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Efektivitas *Monoethanolamine* Sebagai Absorben CO₂ dan H₂S Dalam Proses Purifikasi Biogas Menggunakan Absorber Tipe *Packed Tower*” ini dengan baik. Dalam proses penyusunan laporan ini, penulis telah banyak menerima bimbingan, dukungan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Firra Rosariawari, S.T., M.T., selaku koordinator Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Muhammad Abdus Salam Jawwad, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan banyak arahan, saran, dan dukungan dalam pembuatan Tugas Akhir ini sehingga dapat terselesaikan tepat waktu.
4. Raden Kokoh Haryo Putro, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang memberikan saran dan masukan selama penyusunan dan sidang Tugas Akhir.
5. Syadzadhiya Q. Z. Nisa', S.T., M.T. selaku dosen penguji yang memberikan saran dan masukan selama penyusunan dan sidang Tugas Akhir.
6. Seluruh dosen dan tenaga pendidik Program Studi Teknik Lingkungan yang senantiasa membantu dan memberikan ilmu pengetahuan.
7. Kedua orang tua dan saudara yang selalu memberikan dukungan berupa doa dan dukungan material selama proses menyelesaikan Tugas Akhir.
8. Luna Widiанти Saputri yang selalu menjadi *support system* yang selalu memberikan dukungan, inspirasi dan semangat dalam penyusunan Tugas Akhir.
9. Kevin Leonardo yang membantu penulis dalam melakukan survey peternakan sapi perah.

10. Pak Gimin dan Bu Ti selaku pemilik peternakan sapi perah yang sudah meluangkan waktu dan tempat untuk tempat penelitian.
11. Seluruh sahabat penulis yang tergabung dalam keluarga *underground* yang selalu memberikan semangat dan motivasi serta selalu menemani dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
12. Teman-teman Teknik Lingkungan Angkatan 2022 yang ikut membantu dan memberikan semangat dalam proses penyelesaian Tugas Perancangan.
13. Diri sendiri yang selalu berusaha dan bekerja keras untuk melewati rintangan dan kesulitan yang ada demi penyelesaian Tugas Akhir

Penyusunan laporan ini telah diusahakan semaksimal mungkin, namun sebagaimana manusia biasa tentunya masih terdapat kesalahan. Untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan agar laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis dan juga pembaca

Surabaya, 1 Juni 2026

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Limbah Kotoran Sapi	6
2.2 Biogas.....	7
2.2.1 Proses Pembentukan Biogas	7
2.2.2 Proses Pembentukan Gas CH ₄ , CO ₂ , dan H ₂ S Pada Biogas	9
2.2.3 Komponen penyusunan Biogas.....	10
2.2.4 Sifat Gas Penyusun Biogas	10
2.2.5 Tekanan Biogas	12
2.3 Metode Purifikasi Biogas.....	13
2.4 Absorpsi	15
2.4.1 Proses Absorpsi	15
2.4.2 Kolom Absorpsi	17
2.4.3 Absorben	21
2.5 <i>Gas Chromatography</i>	22
2.6 Penelitian Terdahulu.....	23
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	28
3.1 Kerangka Penelitian	28

3.2 Bahan dan Alat	29
3.2.1 Bahan Penelitian.....	29
3.2.2 Alat Penelitian	29
3.3 Cara Kerja	29
3.3.1 Skema Alur Penelitian.....	29
3.3.2 Proses Persiapan Penelitian.....	30
3.3.3 Proses Penelitian	32
3.4 Variabel	33
3.4.1 Variabel Tetap.....	33
3.4.2 Variabel Bebas.....	34
3.4.3 Variabel Terikat / Parameter	35
3.5 Analisis Data	35
3.6 Jadwal Kegiatan	39
3.7 Anggaran Biaya Penelitian.....	40
3.8 Matriks Penelitian	41
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	43
4.1 Hasil Penelitian	43
4.1.1 Kondisi Awal Biogas	43
4.1.2 Konsentrasi Gas Hidrogen Sulfida (H_2S) Pada Inlet dan Outlet <i>Packed Tower</i>	45
4.2.2 Kadar Gas Karbon Dioksida (CO_2) Pada Inlet dan Outlet <i>Packed Tower</i>	48
4.2.3 Kadar Gas Metana (CH_4) Pada Inlet dan Outlet <i>Packed Tower</i>	49
4.2.4 Tekanan Gas Setimbang Pada Outlet <i>Packed Tower</i>	50
4.3 Pembahasan.....	51
4.3.1 Efektivitas <i>Monoethanolamine</i> (MEA) dalam menurunkan kandungan Gas H_2S dan CO_2 Dalam Biogas Menggunakan <i>Packed Tower</i>	51
4.3.2 Pengaruh Ketinggian <i>Pall Ring</i> Dalam Menurunkan Kandungan Gas H_2S dan CO_2 Dalam Biogas	57
4.3.3 Peningkatan Kadar Gas Metana (CH_4) Setelah Proses Purifikasi.....	60
4.3.4 Penurunan Tekanan Biogas Pada Kondisi Setimbang Setelah Proses Purifikasi Menggunakan <i>Packed Tower</i>	62

4.4 Pengolahan Data Statistik	66
4.4.1 Analisis Hubungan Konsentrasi MEA dan Tinggi <i>Pall Ring</i> Terhadap Persen Removal H ₂ S	66
4.4.2 Analisis Hubungan Konsentrasi MEA dan Tinggi <i>Pall Ring</i> Terhadap Persen Removal CO ₂	70
4.4.3 Analisis Hubungan Konsentrasi MEA dan Tinggi <i>Pall Ring</i> Terhadap Persentase Peningkatan CH ₄	73
4.4.4 Analisis Hubungan Konsentrasi MEA dan Tinggi <i>Pall Ring</i> Terhadap Tekanan Biogas Pada Kondisi Setimbang.....	76
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	79
5.1 Kesimpulan	79
5.2 Saran.....	79
DAFTAR PUSTAKA	81
LAMPIRAN.....	89

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi Senyawa Lignoselulosa Kotoran Sapi	6
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu	23
Tabel 3. 1 Molaritas Konsentrasi MEA.....	34
Tabel 3. 2 Metode Analisis Data	36
Tabel 3. 3 Jadwal Kegiatan	39
Tabel 3. 4 Rancangan Anggaran Biaya Penelitian	40
Tabel 3. 5 Matriks Penelitian	41
Tabel 4. 1 Karakteristik Awal Biogas	43
Tabel 4. 2 Konsentrasi Gas H ₂ S Biogas	45
Tabel 4. 3 Konsentrasi H ₂ S Dalam Biogas Setelah Menggunakan Dosis Baru	46
Tabel 4. 4 Hasil Uji Laboratorium Kadar Gas CO ₂	48
Tabel 4. 5 Hasil Uji Laboratorium Gas CH ₄	49
Tabel 4. 6 Tekanan Biogas Pada Saat Proses Purifikasi.....	51
Tabel 4. 7 Persen Removal H ₂ S	52
Tabel 4. 8 Koefisien Transfer Massa H ₂ S	53
Tabel 4. 9 Persen Removal CO ₂	55
Tabel 4. 10 Koefisien Transfer Massa CO ₂	56
Tabel 4. 11 Persen Removal H ₂ S.....	58
Tabel 4. 12 Persen Removal CO ₂	59
Tabel 4. 13 Kandungan Gas Metana (CH ₄) Pada Inlet dan Outlet Reaktor	61
Tabel 4. 14 Tekanan Setimbang Biogas Setelah Purifikasi Biogas.....	63
Tabel 4. 15 Perhitungan <i>Pressure Drop</i> Menggunakan Persamaan Ergun	65
Tabel 4. 16 Data Persen Removal H ₂ S Biogas.....	66
Tabel 4. 17 Data Uji Statistik Persen Removal CO ₂ Biogas	70
Tabel 4. 18 Data Uji Statistik Persen Peningkatan CH ₄ Biogas.....	73
Tabel 4. 19 Data Uji Statistik Tekanan Biogas Pada Kondisi Setimbang	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pembentukan Gas H_2S yang Melibatkan Bakteri SRB	9
Gambar 2. 2 Menara <i>Spray</i>	17
Gambar 2. 3 Menara Gelembung	18
Gambar 2. 4 Menara <i>Plate</i> atau <i>Tray</i>	18
Gambar 2. 5 <i>Sieve Tray</i>	19
Gambar 2. 6 <i>Valve Tray</i>	19
Gambar 2. 7 <i>Bubble Cup Tray</i>	20
Gambar 2. 8 Menara <i>Packing</i>	21
Gambar 2. 9 Jenis-Jenis <i>Packing</i>	21
Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian	28
Gambar 3. 2 Skema Alur Penelitian	30
Gambar 3. 3 Rancangan Absorber Tipe <i>Packed Tower</i>	32
Gambar 3. 4 Titik <i>Sampling</i> Biogas	35
Gambar 4. 1 Grafik Hubungan Konsentrasi MEA terhadap Persen Removal H_2S	52
Gambar 4. 2 Grafik Hubungan Konsentrasi MEA terhadap Persen Removal CO_2	55
.....	
Gambar 4. 3 Grafik Hubungan Tinggi <i>Pall Ring</i> Terhadap Persen Removal H_2S	58
Gambar 4. 4 Grafik Hubungan Tinggi <i>Pall Ring</i> Terhadap Persen Removal CO_2	59
Gambar 4. 5 Kandungan CH_4 Pada Inlet dan Outlet Reaktor Variasi 20 wt%	61
Gambar 4. 6 Kandungan CH_4 Pada Inlet dan Outlet Reaktor Variasi 30 wt%	61
Gambar 4. 7 Kandungan CH_4 Pada Inlet dan Outlet Reaktor Variasi 40 wt%	62
Gambar 4. 8 Uji Normalitas Persen Removal H_2S Biogas	68
Gambar 4. 9 Uji Homogenitas Persen Removal H_2S Biogas	69
Gambar 4. 10 Uji <i>Two Way</i> ANOVA Persen Removal H_2S Biogas	69
Gambar 4. 11 Uji Normalitas Persen Removal CO_2 Biogas	71
Gambar 4. 12 Uji Homogenitas Persen Removal CO_2 Biogas	71
Gambar 4. 13 Uji <i>Two Way</i> ANOVA Persen Removal CO_2 Biogas	72
Gambar 4. 14 Uji Normalitas Persentase Peningkatan CH_4 Biogas	74
Gambar 4. 15 Uji Homogenitas Persentase Peningkatan CH_4 Biogas	74

Gambar 4. 16 Uji Two Way ANOVA Persentase Peningkatan CH ₄ Biogas	75
Gambar 4. 17 Uji Normalitas Tekanan Biogas Pada Pada Kondisi Setimbang	77
Gambar 4. 18 Uji Homogenitas Tekanan Biogas Pada Pada Kondisi Setimbang.	77
Gambar 4. 19 Hasil Uji Two Way ANOVA Tekanan Biogas Kondisi Setimbang	78

ABSTRAK

Biogas merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang berpotensi menggantikan bahan bakar fosil, namun masih mengandung gas pengotor berupa karbon dioksida (CO_2) dan hidrogen sulfida (H_2S) yang dapat menurunkan nilai kalor, menyebabkan korosi peralatan, serta mengganggu pemanfaatannya sebagai bahan bakar. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas larutan monoethanolamine (MEA) sebagai absorben dan pengaruh ketinggian *pall ring* dalam menurunkan kadar CO_2 dan H_2S serta meningkatkan kadar metana (CH_4) pada biogas dengan menggunakan absorber tipe *packed tower*. Biogas yang digunakan berasal dari biodigester kotoran sapi perah di Desa Claket, Kecamatan Pacet, Kabupaten Mojokerto. Variabel yang diuji meliputi variasi konsentrasi larutan MEA dan variasi ketinggian media *pall ring* pada *packed tower*. Parameter yang dianalisis meliputi konsentrasi CO_2 , H_2S , CH_4 , tekanan biogas, dan *pressure drop*. Analisis data dilakukan menggunakan uji statistik Two-Way ANOVA untuk mengetahui pengaruh masing-masing variabel terhadap efektivitas proses absorpsi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi MEA dan ketinggian media *pall ring* mampu meningkatkan efisiensi penyerapan CO_2 dan H_2S serta meningkatkan kadar CH_4 pada biogas. Hal tersebut terjadi karena konsentrasi absorben yang lebih tinggi dan luas permukaan kontak yang lebih besar meningkatkan perpindahan massa gas ke fase cair selama proses absorpsi. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa variasi konsentrasi MEA dan ketinggian media *pall ring* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penurunan kadar CO_2 dan H_2S serta peningkatan kadar CH_4 . Selain itu terjadi penurunan tekanan pada absorber akibat adanya kondisi setimbang / *steady state* setelah proses purifikasi. Nilai *pressure drop* yang dihasilkan dengan perhitungan Ergun menunjukkan nilai yang sangat kecil sehingga masih berada pada kondisi yang aman dan tidak mengganggu proses aliran biogas di dalam sistem.

Kata kunci: Biogas, Absorpsi, Monoethanolamine, Pall Ring, Hidrogen Sulfida, Karbon Dioksida, Metana

ABSTRACT

Biogas is one of the most promising renewable energy sources as an alternative to fossil fuels. However, raw biogas still contains impurities, particularly carbon dioxide (CO₂) and hydrogen sulfide (H₂S), which reduce its heating value, cause equipment corrosion, and limit its utilization as a fuel. This study aimed to evaluate the effectiveness of monoethanolamine (MEA) as an absorbent and to investigate the effect of pall ring packing height on the removal of CO₂ and H₂S, as well as the enhancement of methane (CH₄) concentration in biogas using a packed tower absorber. The biogas used in this study was obtained from a dairy cattle biodigester located in Claket Village, Pacet District, Mojokerto Regency. The independent variables consisted of MEA concentration and pall ring packing height in the packed tower. The parameters analyzed included CO₂, H₂S, and CH₄ concentrations, biogas pressure, and pressure drop. Data were statistically analyzed using a Two-Way Analysis of Variance (Two-Way ANOVA) to determine the effects of the independent variables on the absorption performance. The results showed that increasing the MEA concentration and pall ring packing height improved the removal efficiency of CO₂ and H₂S while increasing the CH₄ concentration in the purified biogas. This improvement was attributed to the higher absorbent concentration and the larger gas-liquid contact area, which enhanced mass transfer during the absorption process. Statistical analysis indicated that both MEA concentration and pall ring packing height had a significant effect on the removal of CO₂ and H₂S as well as on the increase in CH₄ concentration. In addition, a decrease in biogas pressure was observed due to the establishment of steady-state conditions during the purification process. The pressure drop calculated using the Ergun equation was found to be very small, indicating that it remained within a safe operating range and did not interfere with the biogas flow through the system.

Keywords: *Biogas, Absorption, Monoethanolamine, Pall Ring, Hydrogen Sulfide, Carbon Dioxide, Methane.*