

Pengaruh Variasi Konsentrasi *Monoethanolamine* dan Tinggi *Pall Ring* Terhadap Peningkatan Kadar Metana Pada Purifikasi Biogas Menggunakan *Packed Tower*

Muhammad Elvan Akmaldi Adil*, Muhammad Abdus Salam Jawwad

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya

*Koresponden email: 22034010098@student.upnjatim.ac.id

Diterima: 18 Juni 2026

Disetujui: 23 Juni 2026

Abstract

The utilization of cattle manure waste as a feedstock for biogas production has increasingly developed as a renewable energy alternative. However, the produced biogas still contains impurities, primarily hydrogen sulfide (H_2S) and carbon dioxide (CO_2), which reduce methane (CH_4) concentration and consequently decrease biogas quality. This study aimed to investigate the effect of monoethanolamine (MEA) concentration and pall ring packing height in a packed tower on the enhancement of methane content in biogas. The biogas used in this study was obtained from a traditional cattle farm located in Claket Village, Pacet District, Mojokerto Regency, Indonesia. The experimental variables consisted of combinations of MEA concentrations of 20, 30, and 40 wt% and pall ring heights of 20, 30, and 40 cm. The results showed that increasing MEA concentration and pall ring height led to higher methane content in the purified biogas. Higher MEA concentrations enhanced the absorption capacity for impurity gases, while greater pall ring heights increased the contact surface area and prolonged the contact time between the gas and liquid phases. The combination of these variables was proven effective in reducing impurity gases and increasing methane concentration through the absorption process. Therefore, the application of MEA solution and pall ring packing in a packed tower has significant potential as an effective method for improving biogas quality.

Keywords: *Biogas, absorption, monoethanolamine, methane*

Abstrak

Pemanfaatan limbah kotoran sapi sebagai bahan baku biogas terus berkembang sebagai salah satu alternatif energi terbarukan. Namun, biogas yang dihasilkan masih mengandung gas pengotor, terutama hidrogen sulfida (H_2S) dan karbon dioksida (CO_2), yang dapat menurunkan kadar metana (CH_4) sehingga kualitas biogas menjadi kurang optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi konsentrasi monoethanolamine (MEA) dan ketinggian media pall ring dalam packed tower terhadap peningkatan kadar metana pada biogas. Biogas yang digunakan berasal dari salah satu peternakan sapi tradisional di Desa Claket, Kecamatan Pacet, Kabupaten Mojokerto. Variabel penelitian berupa kombinasi konsentrasi MEA sebesar 20, 30, dan 40 wt% dengan ketinggian pall ring 20, 30, dan 40 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi MEA dan ketinggian pall ring mampu meningkatkan kadar metana dalam biogas. Konsentrasi MEA yang lebih tinggi meningkatkan kemampuan absorpsi gas pengotor, sedangkan penambahan tinggi media pall ring memperluas luas permukaan kontak dan memperpanjang waktu kontak antara fase gas dan fase cair. Kombinasi kedua variabel tersebut terbukti efektif dalam menurunkan kandungan gas pengotor dan meningkatkan kadar metana melalui proses absorpsi. Penggunaan larutan MEA dan media pall ring pada packed tower berpotensi menjadi metode yang efektif untuk meningkatkan kualitas biogas.

Kata Kunci: *biogas, absorpsi, monoethanolamine, metana*

1. Pendahuluan

Peningkatan aktivitas peternakan berdampak langsung pada meningkatnya jumlah limbah ternak yang dihasilkan setiap harinya [1]. Limbah yang dihasilkan oleh peternakan memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku biogas [2]. Komposisi normal biogas umumnya terdiri dari metana (CH_4) sebesar 50-75% dan karbon dioksida (CO_2) sekitar 25-45% , yang merupakan dua komponen utama penyusun biogas. Selain itu, biogas juga mengandung uap air (H_2O) dengan kisaran konsentrasi 2-7% serta sejumlah kecil H_2S yang dapat mencapai 20-20.000 ppm [3].

Kandungan gas metana memiliki peran yang sangat penting karena nilai kalor metana cukup tinggi sehingga metana merupakan bahan bakar yang efisien [4]. Namun kandungan CO_2 dan H_2S dapat

menurunkan kualitas biogas, hal ini dikarenakan gas tersebut merupakan gas pengotor yang bersifat korosif dan beracun [5]. Oleh karena itu perlu dilakukan proses purifikasi biogas. Salah satu metode purifikasi biogas adalah absorpsi.

Absorpsi adalah proses perpindahan atau transfer massa dari fasa gas ke fasa cair. Gas yang dipindahkan akan larut dan terserap oleh absorben yang berada di dalam fasa cair [6]. Proses absorpsi gas dapat menggunakan berbagai jenis media salah satunya adalah *packed tower*. *Packed tower* atau kolom *packed* merupakan media dengan Tingkat efisiensi absorpsi gas yang cukup tinggi dimana gas akan masuk ke dalam kolom melalui bagian bawah dan cairan absorben akan bergerak melalui atas kolom (*counter current*) [7]. Kolom nantinya akan diisi dengan *pall ring* untuk meningkatkan luas kontak gas dengan absorben [8].

Monoethanolamine merupakan senyawa amina primer yang mengandung satu gugus amina. Larutan amina dapat digunakan sebagai absorben pada proses purifikasi biogas. Hal ini dikarenakan senyawa amina dapat menyerap gas CO₂ dan H₂S yang bersifat pengotor atau *impurity* secara fisika dan kimia. Proses penyerapan ini menyebabkan terjadinya perpindahan massa dari fasa gas ke fasa cair atau *liquid* [9]. Pada penelitian sebelumnya, penggunaan *monoethanolamine* sebagai absorben dalam proses purifikasi biogas dapat menurunkan gas CO₂ sebesar 99% dan meningkatkan kandungan gas metana pada biogas sebesar 14% dari kadar awal gas metana [10].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas absorpsi menggunakan absorben *monoethanolamine* dengan menggunakan media *packed tower* untuk meningkatkan kadar gas metana (CH₄) yang ada di dalam biogas setelah proses purifikasi. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat diidentifikasi kombinasi variasi yang tepat untuk menghasilkan biogas dengan kualitas yang baik.

2. Metode Penelitian

Lokasi pengambilan sampel biogas dan penelitian dilakukan di salah satu peternakan sapi perah yang ada di Desa Claket, Kecamatan Pacet, Kabupaten Mojokerto, Provinsi Jawa Timur. Penelitian ini menggunakan metode absorpsi dan bentuk reaktor berupa menara *packing* atau *packed tower*. Metode absorpsi dipilih karena dapat menghasilkan persentase pemisahan gas pengotor yang lebih besar daripada menggunakan metode yang lain. Penggunaan *packed tower* yang berisi isian berupa *pall ring* dapat meningkatkan luas kontak antara gas dengan fluida atau absorben yang digunakan dalam proses purifikasi [8]. Pengambilan sampel biogas pada *biodigester* peternakan sapi perah dilakukan pada pagi hari untuk mendapatkan biogas dengan tekanan dan kualitas yang baik.

Peningkatan kandungan gas metana atau CH₄ menjadi parameter utama pada penelitian ini. Pengambilan sampel dilakukan pada inlet dan outlet *packed tower*. Sampel diambil menggunakan *gas sampling bag*. Pengukuran kadar CH₄ pada biogas diukur menggunakan *Gas Chromatography* atau GC yang terdapat di Laboratorium Energi dan Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Hasil pengukuran dinyatakan dalam satuan % vol yang menunjukkan kadar atau kandungan gas dalam volume tertentu. Data hasil uji laboratorium diinterpretasikan dan dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Interpretasi hasil analisis dilakukan dengan melakukan perhitungan efektivitas peningkatan kadar metana (CH₄) berdasarkan persentase perbandingan kadar metana (CH₄) *inlet* dan *outlet* pada alat *packed tower*. Rumus perhitungan yang digunakan yaitu

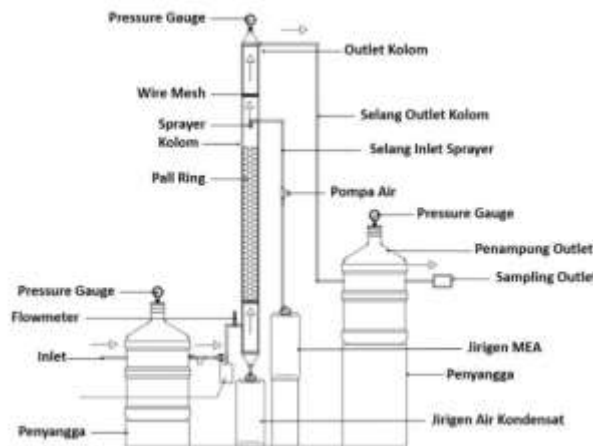
$$\%CH_4 = \frac{\%CH_4\text{output} - \%CH_4\text{input}}{\%CH_4\text{output}} \times 100\%$$

Hasil peningkatan kadar CH₄ terbaik ditentukan berdasarkan nilai efektivitas tertinggi yang menunjukkan kombinasi konsentrasi *monoethanolamine* dan tinggi *pall ring* yang optimal dalam menyerap gas pengotor yaitu H₂S dan CO₂ secara maksimal sehingga meningkatkan kadar metana (CH₄) secara signifikan.

Prosedur Penelitian

Proses purifikasi biogas diawali dengan persiapan absorben yang akan digunakan. Absorben yang digunakan pada penelitian ini adalah *monoethanolamine*. *Monoethanolamine* merupakan salah satu senyawa amina primer [9]. Konsentrasi *monoethanolamine* yang digunakan adalah 20-40 wt%. Pemilihan konsentrasi ini dipilih karena dinilai cukup efektif dalam menyerap kandungan gas pengotor tanpa mengurangi efektivitas dalam proses absorpsi [11]. Dimensi *packed tower* yang digunakan sebagai *wet scrubber* memiliki perbandingan diameter dan tinggi sebesar 1:20 dengan ukuran diameter 6 cm dan tinggi *packed tower* sebesar 120 cm [7]. Kolom *packed tower* diisi dengan media *pall ring* yang memiliki dimensi ekonomis dan persentase *flooding* kecil [12]. *Pall ring* dalam kolom absorpsi menggunakan tiga variasi

yaitu 40, 50, dan 60 cm. Tinggi tersebut masih berada dalam batas hidraulika yang aman [13]. Sampel biogas diambil pada titik *inlet* dan *outlet* kolom *packed tower* untuk dianalisis kadar metana atau CH₄ yang ada di dalam biogas menggunakan *Gas Chromatography*. Berikut ini adalah rancangan *packed tower* yang digunakan dalam penelitian purifikasi biogas yang kami lakukan.



Gambar 1. Desain *Packed Tower*
Sumber : Hasil Penelitian (2026)

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil Penelitian

Metana atau CH₄ merupakan salah satu gas penyusun yang terkandung di dalam biogas. Kandungan gas metana pada biogas berada di kisaran 50-75% [3]. Semakin tinggi kadar CH₄ dalam biogas akan meningkatkan nilai kalor dan efisiensi pembakaran [14]. Oleh karena itu perlu diketahui kadar awal komponen penyusun biogas untuk mengetahui bagaimana kondisi awal biogas. Berikut ini adalah nilai kadar awal gas yang terkandung dalam biogas sebelum dilakukan proses purifikasi.

Tabel 1. Parameter Awal Sampel Biogas

| Parameter | Nilai | Satuan |
|------------------|-------------|--------|
| H ₂ S | 96-100 | ppm |
| CO ₂ | 30,34-35,39 | % |
| CH ₄ | 42,8-50,85 | % |
| Tekanan Biogas | 3,3-3,5 | kPa |

Sumber: Hasil Penelitian (2026)

Pada Tabel 1 dapat diketahui bahwa kandungan gas metana pada sampel awal biogas berkisar antara 42,8-50,85%. Angka ini masih dibawah kadar 50-75% dari keseluruhan volume biogas. Untuk meningkatkan kadar gas metana pada biogas dilakukan proses purifikasi menggunakan *monoethanolamine* pada kolom *packed tower*. Pengambilan sampel dilakukan pada *inlet* dan *outlet* reaktor *packed tower* untuk mengetahui perubahan sebelum dan setelah purifikasi. Pengujian kadar gas metana diuji menggunakan *Gas Chromatography* dan dinyatakan dalam satuan % yang menunjukkan persen volume dalam suatu gas dengan volume tertentu. Hasil pengujian dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Kadar Gas Metana Pada *Inlet* dan *Outlet*

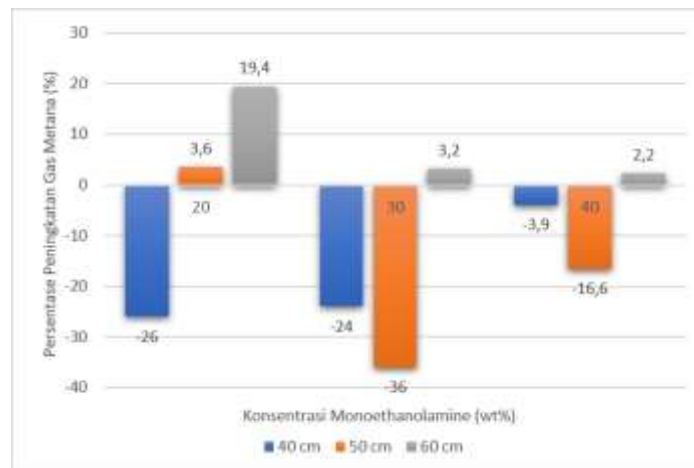
| Konsentrasi MEA (wt%) | Tinggi Pall Ring (cm) | Inlet CH ₄ (%) | Outlet CH ₄ (%) |
|-----------------------|-----------------------|---------------------------|----------------------------|
| 20 | 40 | 42.8 | 31.6 |
| | 50 | | 44.3 |
| | 60 | | 51.1 |
| 30 | 40 | 49.2 | 37.4 |
| | 50 | | 31.5 |
| | 60 | | 50.8 |
| 40 | 40 | 50.85 | 48.9 |
| | 50 | | 42.4 |
| | 60 | | 52 |

Sumber: Hasil Penelitian (2026)

Berdasarkan **Tabel 2** peningkatan kadar gas metana setelah proses purifikasi biogas menjadi salah satu parameter yang mengindikasikan bahwa proses purifikasi berjalan secara optimal. Terjadi peningkatan kadar gas metana pada seluruh variasi konsentrasi dengan menggunakan tinggi *pall ring* 60 cm. Variasi Konsentrasi 20 wt% dan tinggi *pall ring* 60 cm menjadi perlakuan yang efektif karena terjadi peningkatan kadar gas metana dari 42,8% menjadi 51,1%. Peningkatan gas metana ini sangat signifikan dibandingkan dengan variasi konsentrasi *monoethanolamine* pada tinggi *pall ring* 60 cm yang lain. Peningkatan ini tidak berlaku bagi seluruh sampel. Sampel lainnya mengalami penurunan kadar gas metana.

Efektivitas Peningkatan Kadar CH₄ pada Biogas

Pengaruh antara variasi konsentrasi *monoethanolamine* dan ketinggian *pall ring* pada *packed tower* dengan peningkatan kadar gas metana (CH₄) dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Persentase Peningkatan Gas Metana (CH₄) Setelah Purifikasi
Sumber : Hasil Analisis (2026)

Pada **Gambar 2** diagram batang abu abu menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kadar gas metana atau CH₄ pada seluruh biogas yang diabsorpsi menggunakan variasi tinggi *pall ring* 60 cm. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan gas metana telah berjalan secara optimal. Peningkatan gas metana atau CH₄ pada konsentrasi 20 wt% sebesar 19,4%, konsentrasi 30 wt% sebesar 3,2%, dan konsentrasi 40 wt% sebesar 2,2 %. Semakin tinggi *pall ring* yang dimasukkan ke dalam kolom maka akan semakin besar luas kontak antara absorben dengan gas pengotor sehingga gas metana dapat meningkat secara optimal [8]. Namun kondisi yang berbeda ditemukan pada diagram batang berwarna biru dan jingga. Pada kedua diagram tersebut menunjukkan bahwa terjadi penurunan gas metana secara signifikan setelah dilakukan proses purifikasi. Gas metana turun hingga mencapai angka 36%. Penurunan kandungan metana dengan jumlah yang cukup besar ini dapat disebabkan karena adanya *methane slip*.

Methane slip Adalah hilangnya sebagian gas metana selama proses absorpsi yang disebabkan larutnya gas metana ke dalam absorben [15]. Terjadinya *methane slip* bukan merupakan faktor utama terjadinya penurunan gas metana dalam jumlah besar, terdapat beberapa faktor lain yang dapat menyebabkan terjadinya penurunan CH₄ pada saat penelitian. Faktor-faktor seperti tekanan gas, laju alir gas dan absorben, serta waktu kontak yang belum optimal dapat menyebabkan perubahan yang kurang optimal pada kandungan CH₄ saat proses purifikasi biogas [16].

4. Kesimpulan

Purifikasi biogas menggunakan larutan *monoethanolamine* (MEA) pada *packed tower* menunjukkan hasil yang bervariasi terhadap peningkatan kadar metana (CH₄). Variasi tinggi *pall ring* memberikan pengaruh yang lebih nyata dibandingkan variasi konsentrasi MEA, di mana peningkatan kadar metana secara konsisten hanya terjadi pada penggunaan tinggi *pall ring* 60 cm. Kondisi terbaik berdasarkan kadar metana outlet diperoleh pada konsentrasi MEA 40 wt% dan tinggi *pall ring* 60 cm dengan kadar CH₄ sebesar 52%, sedangkan efektivitas peningkatan kadar metana tertinggi sebesar 19,4% diperoleh pada konsentrasi MEA 20 wt% dan tinggi *pall ring* 60 cm. Sebaliknya, sebagian besar perlakuan dengan tinggi *pall ring* 40 cm dan 50 cm menunjukkan penurunan kadar metana yang diduga dipengaruhi oleh *methane slip* serta kondisi operasi yang belum optimal. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *packed tower*

dengan tinggi *pall ring* yang memadai berpotensi meningkatkan kualitas biogas melalui peningkatan kadar metana.

5. Singkatan

| | |
|------------------|------------------|
| MEA | Monoethanolamine |
| % | Persen |
| wt% | weight percent |
| H ₂ S | Hidrogen Sulfida |
| CO ₂ | Karbon Dioksida |

6. Daftar Pustaka

- [1] N. Purnomo and Y. Yusriadi, "Potensi Energi Terbarukan dari Biogas Limbah Ternak Ruminansia di Kabupaten Sidrap," *J. Sains dan Teknol. Ind. Peternak.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–7, 2023, doi: 10.55678/jstip.v3i1.621.
- [2] A. A. Putra, L. Kalsum, and A. Hasan, "CO₂ and H₂S Absorption in Tofu Liquid Waste Biogas Using Packed Bed Scrubber with Variation of MEA Concentration and Flow Rate," *Int. J. Res. Vocat. Stud.*, vol. 3, no. 2, pp. 23–28, 2023, doi: 10.53893/ijrvocas.v3i2.204.
- [3] A. Barros, E. Nzinga, A. Leite, L. Lima, and V. Wiggers, "Purification of Biogas from Anaerobic Digestion of Food Processing Waste," *Int. J. Chem. Eng. Appl.*, vol. 16, no. 1, pp. 16–21, 2025, doi: 10.18178/ijcea.2025.16.1.833.
- [4] W. A. Wibowo, P. Paryanto, R. A. Lutfiani, and R. M. Putra, "Pemurnian Biogas dari Gas H₂S Menggunakan Karbon Aktif dari Buah Mangrove," *J. Inov. Tek. Kim.*, vol. 5, no. 1, pp. 2–5, 2020, doi: 10.31942/inteka.v5i1.3393.
- [5] N. T. Saputra, L. Kalsum, and R. Junaidi, "Pemurnian Biogas dari Co-Digestion Limbah Cair Industri Tahu dengan Kotoran Sapi Menggunakan Absorben MEA pada Kolom Isian," vol. VIII, no. 3, pp. 6608–6614, 2023.
- [6] I. Isya and E. Purba, "Absorpsi Gas Karbondioksida dalam Biogas dengan Variasi Laju Alir Biogas dan Laju Alir Absorben," *J. Teknol. dan Inov. Ind.*, vol. 4, pp. 1–5, 2022.
- [7] S. R. Damayanti and N. Hendrasarie, "Efektivitas Absorben Kimia pada Wet Scrubber untuk Menurunkan Emisi CO dan CO₂," *J. Serambi Eng.*, vol. X, no. 1, pp. 11787–11795, 2025.
- [8] A. Kadarjono, E. Yusnitha, A. S. D. Santosa, and P. D. Winastri, "Pengaruh Jenis Packing pada Menara Packed-Bed Absorber dalam Penyerapan Gas NO_x," *Urania*, vol. 26, no. 1, pp. 25–36, 2020.
- [9] A. Ahmad, D. Andrio, T. Y. Putra, and U. Seprizal, "Proses Purifikasi untuk Penyisihan Kandungan Hidrogen Sulfida dan Karbon Dioksida di Dalam Biogas Menggunakan Mono Etanol Amin (MEA)," *Equilibrium J. Chem. Eng.*, vol. 5, no. 2, 2022, doi: 10.20961/equilibrium.v5i2.58477.
- [10] I. N. Daiyan, L. Kalsum, and Y. Bow, "Capturing CO₂ from Biogas by MEA (Monoethanolamine) Using Packed Bed Scrubber," *J. Tek. Kim. dan Lingk.*, vol. 4, no. 2, pp. 105–112, 2020.
- [11] M. Akram, K. Milkowski, J. Gibbins, and M. Pourkashanian, "Comparative Energy and Environmental Performance of 40% and 30% Monoethanolamine at PACT Pilot Plant," *Int. J. Greenh. Gas Control*, vol. 95, p. 102946, 2020.
- [12] A. R. Maulizar, A. Putra, and M. Yunus, "Optimasi Laju Alir Tri-Ethylene Glycol terhadap Efisiensi Penyerapan Air pada Kolom Absorpsi di PT. Pertamina Hulu Energi," *J. Teknol.*, vol. 23, no. 1, pp. 7–12, 2023.
- [13] L. Valenz, J. Haidl, and V. Linek, "The Effect of Column Diameter and Packing Height on the Pressure Drop and on the HETP of Structured Packings," *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 52, pp. 5967–5974, 2013.
- [14] M. F. Taqiyuddin, F. Rosariawari, and P. S. A. Sitogasa, "Peningkatan Kadar Metana Biogas dengan Adsorben Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Zeolit Alam pada Berbagai Laju Alir (Studi Kasus: Desa Carangwulung)," *J. Ilm.*, vol. 10, no. 3, pp. 14456–14462, 2025.
- [15] A. McLeod, B. Jefferson, and E. J. McAdam, "Quantifying the Loss of Methane Through Secondary Gas Mass Transport (or 'Slip') from a Micro-Porous Membrane Contactor Applied to Biogas Upgrading," *Water Res.*, vol. 47, no. 11, pp. 3688–3695, 2013, doi: 10.1016/j.watres.2013.04.032.
- [16] R. Kapoor, P. M. V. Subbarao, V. K. Vijay, G. Shah, S. Sahota, D. Singh, and M. Verma, "Factors Affecting Methane Loss from a Water Scrubbing Based Biogas Upgrading System," *Appl. Energy*, vol. 208, pp. 1379–1388, 2017, doi: 10.1016/j.apenergy.2017.09.017.