

Absorpsi Gas Karbondioksida Dalam Biogas Dengan Variasi Laju Alir Biogas dan Laju Alir Absorben

Ismail Muhammad Isya, Elida Purba*

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Jl. S. Brodjonegoro No. 1, Gedong Meneng, Rajabasa, Bandar Lampung, 35145, Indonesia

Email : elida.purba@eng.unila.ac.id

Abstrak

Absorpsi merupakan salah satu proses separasi dimana suatu campuran gas dikontakkan dengan suatu cairan penyerap tertentu sehingga komponen gas tersebut larut dalam cairannya. Banyak yang mempengaruhi proses absorpsi salah satunya adalah laju alir adsorben dan laju alir biogas dapat mempengaruhi kenaikan persen kandungan CO₂ yang terserap. maka pada penelitian ini akan melakukan penelitian pemurnian biogas menggunakan proses absorpsi dengan variasi laju alir absorben 150, 300 dan 450 ml/menit dan laju alir biogas 100, 250 dan 400 ml/menit untuk mengetahui pengaruhnya terhadap proses penyerapan gas CO₂ dalam biogas menggunakan kolom jenis *Wetted wall column*. Berdasarkan hasil penelitian, laju alir gas optimum adalah sebesar 100 ml/menit dan laju alir absorben optimum yaitu sebesar 150 ml/menit dengan persentase penyerapan CO₂ 95,91 % dan persentase peningkatan CH₄ sebesar 62,2 %. Dan dapat kita simpulkan bahwa semakin kecil laju alir biogas dan laju alir absorben maka semakin tinggi penyerapan CO₂.

Kata kunci: Absorpsi, CO₂, NaOH

1. Pendahuluan

Kelangkaan bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batubara, dan gas alam telah dirasakan oleh kalangan masyarakat sekarang, jika terus menerus digunakan, maka ketersediaan bahan bakar tersebut akan segera habis dikarenakan bahan bakar fosil sangatlah terbatas dan bersifat tidak dapat diperbarui. Hal tersebut mendorong peneliti untuk mencari sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui salah satunya yaitu biogas. Biogas dapat diproduksi melalui proses digestasi anaerobik dari bahan organik seperti kotoran, air selokan, bahan dari tanaman, dan potongan sisa tanaman lain (Dioha, 2014).

Produk biogas terdiri dari (CH₄) metana (50 – 70%), (CO₂) karbondioksida (25 – 45%) dan sejumlah kecil (H₂) hidrogen, (N₂) nitrogen, (H₂S) hidrogen sulfida (Nadliriyah, dkk., 2014).

Biogas dengan komponen gas pengotor yang tinggi seperti, karbondioksida (CO₂), hidrogen (H₂), nitrogen (N₂), hidrogen sulfida (H₂S), dapat menyebabkan penurunan nilai kalor, korosif, dan beracun. Salah satu upaya untuk menurunkan kandungan CO₂ dalam biogas adalah dengan proses absorpsi. Absorpsi adalah proses perpindahan massa dari fasa gas ke fasa cair dimana gas tersebut dapat larut dalam fasa

cairnya. Absorpsi akan terjadi jika campuran gas dikontakkan dengan *liquid* yang kemudian satu atau lebih komponen gas akan diserap oleh *liquid* (Altway et al., 2008).

Terdapat beberapa jenis pelarut yang digunakan dalam absorpsi CO₂, seperti NaOH, K₂CO₃, KOH, Na₂CO₃. Pada absorpsi kimia, salah satu jenis absorben yang dapat digunakan salah satunya yaitu Natrium Hidroksida (NaOH). NaOH padat atau caustic soda merupakan basa yang paling umum digunakan dalam absorpsi, murah serta mudah ditemukan.

Untuk mengurangi kadar CO₂ dalam biogas, bisa dilakukan dengan melewati biogas ke dalam larutan NaOH sehingga terjadi proses Absorpsi. Gas CO₂ langsung bereaksi dengan larutan NaOH sedangkan CH₄ tidak. Dengan berkurangnya konsentrasi CO₂ sebagai akibat reaksi dengan NaOH, maka perbandingan konsentrasi CH₄ menjadi lebih besar dari CO₂.

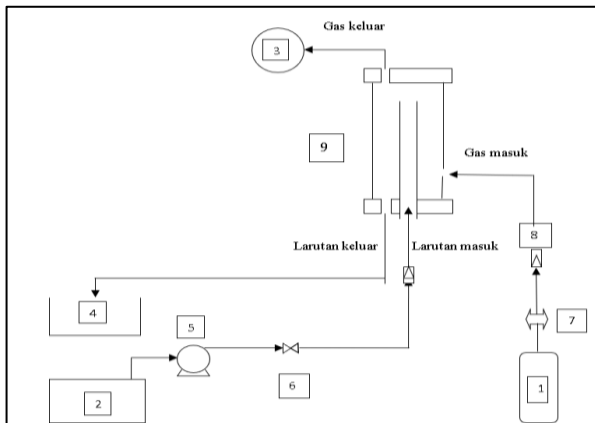
Banyak faktor yang mempengaruhi proses absorpsi dan salah satunya adalah laju alir fluida, laju alir fluida akan mempengaruhi turbulensi aliran fluida pada kolom absorpsi, waktu kontak fluida dan tekanan dalam kolom absorpsi. Waktu kontak yang semakin lama menyebabkan fluida berkontak dan bereaksi dengan baik, semakin

rendah laju alir fluida penyerapan akan semakin maksimal.

Pada penelitian kali ini dilakukan pemurnian biogas menggunakan proses absorpsi variasi laju alir absorben 150, 300 dan 450 ml/menit dan laju alir biogas 100, 250 dan 400 ml/menit untuk mengetahui pengaruhnya terhadap proses absorpsi gas CO₂ dalam biogas menggunakan kolom jenis *Wetted wall column*, kemudian biogas ditangkap menggunakan sample bag *output* untuk dianalisis dengan *Gas Chromatography (GC) 2014 – AT (SHIMADZU Corp 08128)*.

2. Metodologi

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah kolom absorpsi dengan diameter 4,5 cm, tinggi kolom 50 cm, diameter *tube* 1,27 cm, tinggi *tube* 42 cm, aerator, sample bag, *flowmeter* gas, sample bag output, bag biogas, *beaker glass*, spatula, pompa *liquid*, sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah NaOH padat, *aquadest*, serta biogas hasil kotoran sapi dari Desa Kediri, Kecamatan Gadingrejo, Kabupaten Pringsewu, Lampung.



Gambar 1. Skema rangkaian alat absorpsi CO₂
Sumber: *Cullinane dan Rochelle (2004)*

Keterangan:

1. Bag biogas *input*
2. Tangki larutan NaOH *input*
3. Sample bag biogas *output*
4. Tangkin larutan NaOH *output*
5. Pompa
6. Gate valve
7. Aerator
8. *Flowmeter* gas

9. *Wetted Wall Column*

2.1. Proses Absorpsi

Proses absorpsi CO₂ diawali dengan merangkai alat absorpsi seperti skema yang ditunjukkan pada Gambar 1. Sebelum melakukan proses absorpsi, biogas awal yang belum melewati proses absorpsi dianalisis terlebih dahulu untuk mengetahui komposisi gas yang terdapat di dalamnya. Kemudian larutan absorben yang telah disiapkan seperti NaOH dialirkan ke dalam kolom absorpsi yang telah dirangkai dengan laju alir larutan 150 ml/menit, 300 ml/menit, dan 450 ml/menit. Kemudian, biogas dialirkan ke dalam kolom absorpsi dengan laju alir gas sebesar 100 ml/menit, 250 ml/menit dan 400 ml/menit. Setelah gas berkontak dengan lapisan film larutan pada *tube* kolom absorpsi, biogas ditangkap menggunakan sample bag *output* untuk dianalisis dengan *Gas Chromatography (GC)2014 – AT (SHIMADZU Corp 08128)*.

2.2. Analisa Gas Chromatography

GC (*Gas Chromatography*) merupakan metode pemisahan senyawa organik yang menggunakan dua metode analisis senyawa yaitu kromatografi gas (GC). Penggunaan kromatografi gas dapat dipadukan dengan spektroskopi massa. Paduan keduanya dapat menghasilkan data yang lebih akurat dalam pengidentifikasian senyawa yang dilengkapi dengan struktur molekulnya. Untuk menganalisis jumlah senyawa secara kuantitatif dan spektrometri massa (MS) untuk menganalisis struktur molekul senyawa analit.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Komposisi Biogas awal

Pada penelitian ini komposisi biogas awal terdiri dari (CH₄) metana 51%, (CO₂) karbondioksida 32% dan (H₂) hidrogen 17 %.

Tabel 1. Komposisi Biogas awal

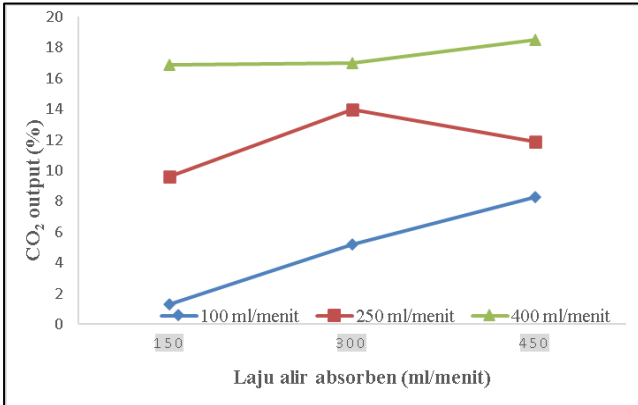
Komponen	Komposisi (%)
Metana (CH ₄)	51
Karbon Dioksida (CO ₂)	32
Nitrogen (N ₂)	17

Dari hasil tersebut perlu dilakukan pemurnian biogas untuk mengurangi zat pengotor pada

biogas yang dapat menyebabkan penurunan nilai kalor pada biogas.

3.2. Persentase kandungan CO₂ output

Gambar 2 menunjukkan bahwa dari perbedaan laju alir gas dan laju alir absorben berpengaruh pada hasil CO₂ output dalam biogas dan menunjukan nilai CO₂ output terendah yaitu pada laju alir gas 100 ml/menit dan laju alir absorben 150 ml/menit.

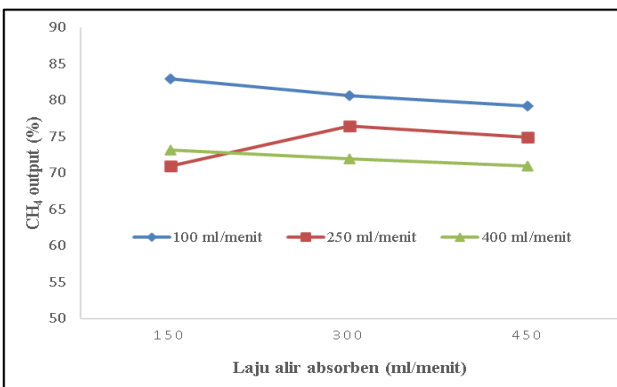


Gambar 2. Persentase kandungan CO₂ output

Seperti terlihat pada Gambar 2 tersebut bahwa semakin kecil laju alir gas dan laju alir larutan absorben maka CO₂ output akan rendah, sementara semakin besar laju alir larutan absorben maka CO₂ output akan semakin tinggi. Hal ini dikarenakan semakin kecil laju alir absorben, waktu kontak antara absorben dengan CO₂ akan semakin lama. Waktu kontak ini yang menyebabkan transfer massa yang terjadi dan jumlah CO₂ yang terserap akan semakin banyak.

3.3. Persentase kandungan CH₄ output

Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin rendah laju alir biogas dan laju alir absorben, persentase peningkatan kadar CH₄ output dalam biogas cenderung meningkat.



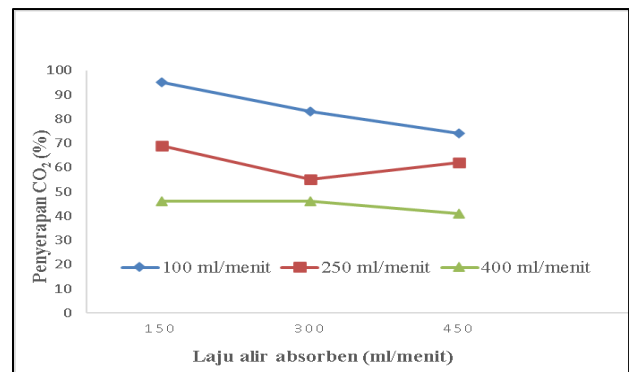
Gambar 3. Persentase kandungan CH₄ output

Namun pada laju alir gas 250 ml/menit dan laju alir absorben 150 ml/menit ada terjadi penurunan CH₄ output yang secara teori seharusnya meningkat, ini di sebabkan kerena ada kebocoran pada kolom absorber dan terjadi kontaminasi dari udara pengotor dari luar yang masuk ke dalam kolom absorber. Sedangkan laju alir lainnya persentase peningkatan kadar CH₄ output dalam biogas cenderung menurun dengan peningkatan laju alir biogas dan laju alir absorben. Hal ini di karenakan biogas yang telah dikontakkan dengan absorben akan mengakibatkan penurunan kadar CO₂ dalam biogas sehingga kadar CH₄ menjadi naik.

Secara teori, variasi laju alir biogas dan laju alir absorben mampu menurunkan kandungan CO₂ pada biogas sehingga menyebabkan peningkatan kandungan CH₄ output dari CH₄ input sebelum biogas diabsorpsi.

3.4. Penyerapan CO₂

Gambar 4 menunjukkan bahwa dari perbedaan laju alir absorben berpengaruh pada penyerapan gas CO₂ dalam biogas dan menunjukan nilai penyerapan CO₂ tertinggi yaitu pada laju alir gas 100 ml/menit dan laju alir absorben 150 ml/menit.



Gambar 4. Pengaruh Laju Alir Biogas dan Laju Alir Absorben Persentase Penyerapan CO₂

Dari Gambar 3 tersebut diketahui bahwa semakin kecil laju alir larutan absorben maka CO₂ yang terserap akan semakin banyak, sementara semakin besar laju alir larutan absorben maka CO₂ yang terserap akan semakin sedikit. Hal ini dikarenakan semakin kecil laju alir absorben, waktu kontak antara absorben dengan CO₂ akan semakin lama. Waktu kontak

ini yang menyebabkan transfer massa yang terjadi dan jumlah CO₂ yang terserap akan semakin banyak.

3.5. Jarak Penetrasi Antar Dimensi

Perbedaan laju alir yang divariasikan juga dapat mempengaruhi kecepatan pada permukaan film yang mengakibatkan perbedaan waktu kontak pada permukaan film (τ) akan berbeda.

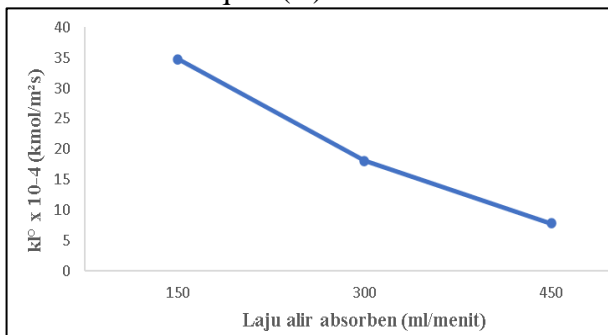
Tabel 2. Jarak Penetrasi Antar Dimensi

Laju Alir (ml/menit)	Bilangan Reynold	Tebal Film (m)	Kecepatan Permukaan (m/s)	Waktu Kontak (s)	Jarak Penetrasi Antar Dimensi
150	1.969,863	0,00579	1,2542	0,3587	$1,7119 \times 10^{-5}$
300	3.939,720	0,00730	2,1159	0,2126	$6,3832 \times 10^{-6}$
450	5.908,810	0,00897	3,029	0,1485	$4,8657 \times 10^{-6}$

Tabel 2 menunjukkan pengaruh laju alir absorben terhadap jarak penetrasi antar absorben dengan gas, dimana ketebalan film pada absorben merupakan faktor terpenting pada absorpsi di *wetted wall run*. Semakin tinggi laju alir absorben, ketebalan film akan semakin besar dan mengakibatkan jarak kontak antara molekul absorben didekat dinding dengan biogas semakin besar. Sehingga peluang terjadi tumbukan antara molekul absorben dan CO₂ semakin kecil dan kontak fase antara gas dengan cairan semakin menurun. Dengan demikian jumlah gas yang dapat berpindah dari fase gas menuju fase cair juga semakin kecil.

3.6. Koefisien Transfer Massa Liquid

Pada penelitian ini didapatkan perhitungan nilai koefisien transfer massa liquid (k_l) terhadap laju alir absorben. Gambar 5 menunjukkan hubungan laju alir absorben dengan koefisien transfer massa liquid (k_l).

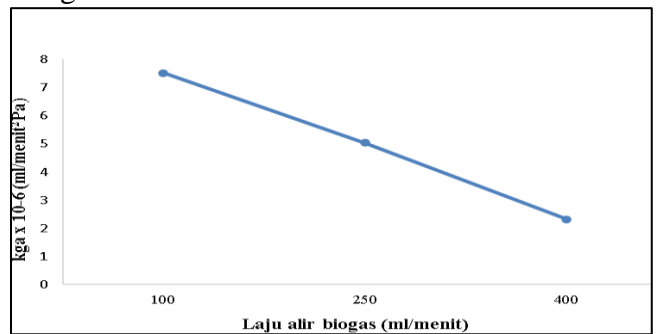


Gambar 5. Koefisien Transfer Massa Liquid

Seperti terlihat pada Gambar 5 tersebut bahwa nilai k_l mengalami penurunan seiring dengan penambahan laju alir absorben dan menunjukkan hasil terbaik pada laju alir 150 ml/menit yaitu $34,763 \times 10^{-4} \text{ kmol/m}^2 \cdot \text{s}$. Hal ini dikarenakan pada laju alir 150 ml/menit memiliki ketebalan film yang tipis dan waktu kontak yang lebih lama dibandingkan laju alir yang lainnya. Sehingga mengakibatkan kontak antar absorben dan biogas lebih baik dan merata.

3.7. Koefisien Transfer Massa Gas

Pada penelitian ini didapatkan perhitungan nilai koefisien transfer massa gas (K_g) terhadap laju alir gas.

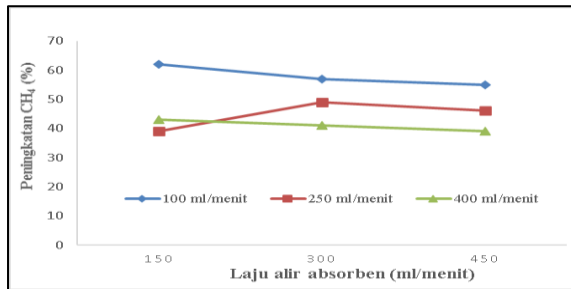


Gambar 6. Koefisien Transfer Massa Gas

Gambar 6 menunjukkan hubungan laju alir gas dengan koefisien transfer massa film gas (K_g). Seperti terlihat pada Gambar 4.3 tersebut bahwa nilai K_g mengalami penurunan seiring dengan penambahan laju alir gas. Dan hasil terbaik di dapatkan pada laju alir gas 100 ml/menit sebesar $7,51790 \times 10^{-6} \text{ kmol/m}^2 \cdot \text{s}$. Pa. Hal ini dikarenakan pada laju alir 100 ml/menit memiliki waktu kontak yang lebih lama dibandingkan laju alir yang lainnya. Sehingga mengakibatkan kontak antar absorben dan biogas lebih baik dan merata.

3.8. Pengaruh Laju Alir Biogas dan Laju Alir Absorben Terhadap Peningkatan Kadar CH₄

Gambar 7 menunjukkan pengaruh laju alir absorben terhadap peningkatan kadar CH₄ dalam biogas.



Gambar 7 : Pengaruh Laju Alir Biogas dan Laju Alir Absorben terhadap Persentase Peningkatan CH_4

Dari grafik tersebut diketahui bahwa dari perbedaan laju alir biogas dan laju alir absorben yang divariasikan berpengaruh pada kemurnian biogas. Berdasarkan Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa secara keseluruhan kadar CH_4 yang memiliki nilai tertinggi pada laju alir biogas 100 ml/menit dan laju alir absorben 150 ml/menit. Hasil yang diperoleh variatif dengan nilai peningkatan kemurnian terbaik sebesar 62,233 % dari kadar CH_4 semula.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa semakin kecil laju alir biogas dan laju alir absorben maka semakin tinggi penyerapan CO_2 . Laju alir gas optimum adalah seberar 100 ml/menit dan laju alir absorben optimum yaitu sebesar 150 ml/menit dengan persentase penyerapan CO_2 95,91 % dan persentase peningkatan CH_4 sebesar 62,2 %. Untuk nilai k_g bahwa nilai K_g mengalami penurunan seiring dengan penambahan laju alir gas. Dan hasil terbaik di dapatkan pada laju alir gas 100 ml/menit sebesar $7,51790 \times 10^6 \text{ kmol/m}^2 \cdot \text{s}$. Dan pada k_l mengalami penurunan seiring dengan penambahan laju alir absorben dan menunjukkan hasil terbaik pada laju alir 150 ml/menit yaitu $34,763 \times 10^{-4} \text{ kmol/m}^2 \cdot \text{s}$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Staff Laboratorium Kimia Terapan Jurusan Teknik Kimia, Universitas Lampung. Staff Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

DAFTAR PUSTAKA

- Altway, A., Kusnaryo, & Wijaya, R. P. 2008. *Analisa Transfer Massa Disertai Reaksi Kimia Pada Absorpsi CO_2 dengan Larutan Potasium Karbonat dalam Packed Column*. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, ITS.
- Cullinane, J.T. & Rochelle, G.T. 2004. *Carbon dioxide absorbtion with aqueous potassium carbonate promote by paperzine*. Chemical Engineering Science, 59, 3619-3630.
- Fuad Maarif & Januar Arif F. 2020. *Absorpsi Gas Karbondioksida (CO_2) dalam Biogas dengan Larutan NaOH secara Kontinyu*. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang.
- Haryanto, Agus. 2019. *Pengaruh Komposisi Subtrat dari Campuran Kotoran Sapi dan Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum*) terhadap Produktivitas Biogas pada Digester Semi Kontinu*.
- Nadliriyah, N., & Triwikantoro. (2014). *Pemurnian Produk Biogas dengan Metode Absorpsi Menggunakan Larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$* . *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, Vol. 3, No. 2, Hal. B107-B111.
- Purba E., KH Javed., T Mahmud. 2010. *The CO_2 Capture Perfomance of a High-Intensity Vortex Spray Scrubber*. *ELSEVIER: Chemical Engineering Journal* 162 (2010) 448–456.
- Vas Bhat, R. D., Kuipers., & J. A. M., Versteeg, G. F., 2000, *Mass Transfer with complex chemical reactions in gas-liquid system: two-step reversible reactions with unit stoichiometric and kinetic orders*, *Chemical Engineering Journal*, vol 76, jilid 2, p: 127-152 Vicitra, D.