

## PENYERAPAN GAS KARBONDIOKSIDA (CO<sub>2</sub>) DALAM BIOGAS DENGAN LARUTAN Ca(OH)<sub>2</sub>

**Paryanto\*, Sartanto, Valentino Adi Nugroho**

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami no. 36 A, Surakarta 27126 Telp/fax:0271-632112

\*Email: paryanto\_ftuns@yahoo.com

**Abstract:** *Carbon dioxide content in biogas produced by fermentation is still high. Because of that, biogas need a process purification to reduce carbon dioxide content. In this work, Ca(OH)<sub>2</sub> solution was contacted with biogas in a column for reducing the CO<sub>2</sub> content. This research studied the effect of packing type used in absorber column on the rate of CO<sub>2</sub> reduction. Based on experimental data and modelling, it was found that the reaction between CO<sub>2</sub> and Ca(OH)<sub>2</sub> followed first order reaction. The constant of rate reaction was affected by the packing type which using glass ball, plastic pipe, ceramic, wood, and clay roof, the constant rate were 0.781, 0.464, 0.916, 0.637, and 0.987 min<sup>-1</sup>, respectively.*

**Keywords:** *Biogas, CO<sub>2</sub>, Ca(OH)<sub>2</sub>, absorber, rate of reaction*

### PENDAHULUAN

Biogas dengan proses pembuatan yang mudah mempunyai potensi yang besar sebagai sumber energi alternatif. Biogas dapat diproduksi dari bahan baku limbah organik industri makanan, peternakan dan pertanian. Oleh karena itu, biogas merupakan sumber energi yang ramah lingkungan.

Biogas memiliki komponen yang sama dengan LNG, yaitu komponen utama gas metana (CH<sub>4</sub>). Komponen-komponen yang lain yaitu metana (55-75%), karbon dioksida (25-45%), nitrogen (0-0,3%), oksigen (0,1-0,5%), dan hidrogen sulfida (0-3%) (www.id.wikipedia.org).

Biogas masih mengandung CO<sub>2</sub> dalam kadar tinggi sehingga menyebabkan efisiensi panas yang dihasilkan berkurang dan menghasilkan jelaga, serta menimbulkan noda hitam pada peralatan dapur yang digunakan untuk memasak. Berbeda dengan LNG yang bersih dari jelaga dan efisiensi panas tinggi. Hal ini menyebabkan biogas belum diminati secara meluas dan belum diproduksi secara komersial.

Dari uraian diatas, biogas dapat digunakan sebagai energi alternatif sekaligus dapat mengurangi pencemaran terhadap lingkungan. Di samping itu, biogas juga dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan bahan kimia yang lain. Yang menjadi permasalahan adalah biogas masih yang dihasilkan masih mengandung kadar CO<sub>2</sub> yang tinggi sehingga mengakibatkan performa biogas tidak optimal dan belum bisa digunakan secara langsung sebagai bahan baku pembuatan

bahan kimia lain. Penelitian ini bertujuan mempelajari pengaruh jenis bahan isian terhadap kecepatan reaksi pada pemisahan CO<sub>2</sub> menggunakan larutan Ca(OH)<sub>2</sub>.

### TINJAUAN PUSTAKA

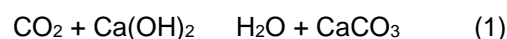
Absorpsi merupakan salah satu operasi pemisahan dalam industri kimia di mana suatu campuran gas dikontakkan dengan suatu cairan penyerap yang sesuai, sehingga satu atau lebih komponen dalam campuran gas terlarut dalam cairan penyerap. Absorpsi dapat berlangsung dalam dua macam proses, yaitu absorpsi fisik atau absorpsi kimia. Absorpsi fisik merupakan absorpsi dimana gas terlarut dalam cairan penyerap tanpa disertai dengan reaksi kimia (Treybal, 1951).

Proses penyerapan gas CO<sub>2</sub> merupakan proses absorpsi kimia. Tabel 1 menyajikan reagent yang digunakan untuk CO<sub>2</sub> terlarut (Levenspiel, 1998).

**Tabel 1. Sistem Absorpsi dengan Reaksi Kimia**

Gas Terlarut	Reagent
CO <sub>2</sub>	Carbonate
CO <sub>2</sub>	Hidroksida
CO <sub>2</sub>	Ethanolamine

Dalam penelitian sebelumnya menggunakan absorben NaOH sedangkan pada penelitian ini menggunakan Ca(OH)<sub>2</sub> sebagai absorben CO<sub>2</sub> menurut reaksi (1).



Pada kondisi percobaan absorpsi dengan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , jumlah  $\text{CO}_2$  yang terambil dari aliran biogas dapat dihitung dari jumlah  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dan  $\text{CaCO}_3$  di dalam cairan sampel. Persamaan reaksi non elementer yang dipengaruhi tahanan di fase cair dan gas, seperti persamaan (2).

$$r_A = \frac{C_L}{\frac{1}{K_G} + \left(\frac{1}{K_L} + \frac{1}{k_2 C_G}\right) \times H} \quad (2)$$

Berdasarkan persamaan (2), kecepatan reaksi keseluruhan ditentukan oleh dua tahanan difusi yaitu  $K_G^{-1}$  dan  $K_L^{-1}$  dan sebuah tahanan reaksi  $(k_2 C_G)^{-1}$ . Penambahan katalis merupakan usaha mempercepat reaksi fase cair supaya tahanan dalam fase cair menjadi lebih kecil. Hal ini menunjukkan bahwa tahanan fase cair jauh lebih besar daripada tahanan fase gas, atau  $H/K_L \gg 1/K_G$ . Dengan demikian,  $1/K_G$  dapat diabaikan yang berarti bahwa tahanan terhadap perpindahan massa atau absorpsi hampir seluruhnya berada pada fase cair (Tatang, dkk., 1989).

Karena pada penelitian ini tidak menggunakan katalis yang berfungsi mempercepat reaksi fase cair maka faktor utama yang menentukan kecepatan reaksi adalah reaksi kimia. Maka persamaan (2) menjadi persamaan (3).

$$r_A = \frac{k_2 \times C_G \times C_L}{H} \quad (3)$$

Dengan asumsi aliran gas sangat kecil sehingga  $(C_G/H)$  dapat diabaikan. Sehingga diperoleh persamaan (4).

$$r_A = k_2 \times C_L \quad (4)$$

Percobaan dilakukan dengan menggunakan dua variabel, yaitu waktu tinggal yang dapat dicari dari volume larutan dalam kolom absorber untuk tiap-tiap bahan isian (V) dibagi dengan laju alir larutan penyerap masuk kolom absorber (F) dan bahan isian kolom absorber. Setiap interval waktu tertentu diambil cuplikan larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dan dianalisa kadar  $\text{CO}_2$  nya dalam larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  sampai diperoleh nilai tetap sehingga nilai  $C_L$  dapat diketahui.

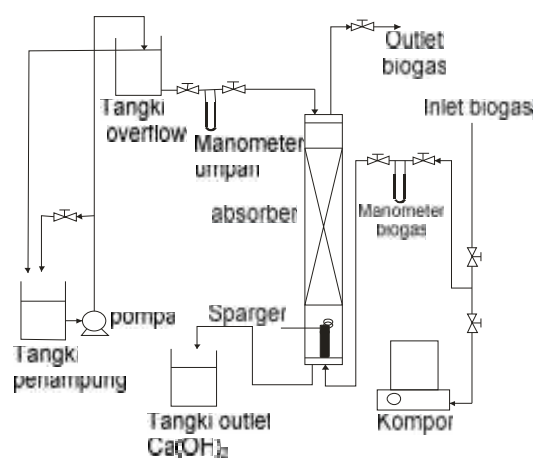
## METODE PENELITIAN

Bahan baku terdiri atas 2 komponen, yaitu :

1. Larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  merupakan larutan yang digunakan sebagai penyerap atau absorben gas  $\text{CO}_2$  yang ada dalam biogas.
2. Umpam gas umpam gas berupa biogas yang mengandung gas metana beserta pengotor-

pengotornya, terutama gas  $\text{CO}_2$  yang akan diserap oleh larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

Rangkaian alat (Gambar 1) terdiri atas absorber dari pipa PVC 100 cm, diameter 3,81 cm, dan diberi penyangga besi. Tangki overflow dan tangki  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  umpam serta pompa untuk menaikkan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  umpam ke tangki overflow. Gas dialirkan melalui selang yang dihubungkan dengan absorber. Kecepatan aliran gas diukur dengan manometer pipa U yang telah ditera terlebih dahulu. Umpam gas dialirkan dari bagian dasar absorber dan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  umpam dialirkan dari tangki overflow. Kecepatan aliran  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  umpam diukur dengan manometer pipa U yang telah ditera terlebih dahulu.



Gambar 1. Rangkaian Alat Penelitian

Bahan isian kolom berupa kelereng dengan diameter 1,5 cm dimasukkan ke dalam kolom absorber sebagai dengan ketinggian tertentu. Larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dialirkan ke dalam kolom absorber dengan laju alir tertentu secara kontinyu dan menjaganya dalam keadaan konstan sampai seluruh bahan isian terendam oleh larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  tersebut. Mengalirkan umpam gas dengan membuka kran gas yang dihubungkan ke sumber biogas. Biogas mengalir melalui kolom absorber yang berisi  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dan bahan isian. Gas  $\text{CO}_2$  akan terserap oleh larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Untuk mengetahui kadar  $\text{CO}_2$  terserap, larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dalam kolom absorber diambil tiap selang waktu 10 menit sebanyak 6 kali.

Sampel dianalisis dengan metode acidimetric-alkalimetri dengan larutan HCL 0,1 N untuk menganalisa jumlah  $\text{CaCO}_3$  terbentuk dan larutan HCL 0,1 N ditambah BaCl 0,1 N untuk analisa  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  tersisa untuk mendekati perhitungan konversi  $\text{CO}_2$ . Hal yang sama dilakukan untuk laju alir larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  yang lain. Untuk bahan isian yang lain diperlakukan sama dengan bahan isian kelereng tersebut.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan dilakukan dengan memvariasi laju alir larutan penyerap yang mengalir secara kontinyu ke dalam kolom absorber dengan bahan isian kelereng, pipa plastik, keramik, kayu, dan genting dengan menjaga volume tinggal  $\text{Ca(OH)}_2$  dalam kolom absorber sesuai bahan isian masing-masing adalah 600 ml, 950 ml, 700 ml, 850 ml, dan 800 ml serta debit biogas yang dijaga tetap.

Dari hasil penelitian ini diperoleh suatu hasil yang menunjukkan bahwa jumlah  $\text{CO}_2$  terserap oleh larutan  $\text{Ca(OH)}_2$  untuk masing-masing laju alir larutan penyerap akan konstan. Pada waktu jumlah  $\text{CO}_2$  terserap konstan tersebut, yang mana didekati dengan konversi jumlah larutan penyerap dihubungkan dengan waktu larutan penyerap dalam kolom absorber sesuai dengan reaksi kimia order satu sesuai persamaan (1).

$$-r_A = k C_A$$

$$-\frac{dC_A}{dt} = k C_A$$

$$-\int_{C_{A0}}^{C_A} \frac{dC_A}{C_A} = k \int_0^t dt$$

$$-\ln\left(\frac{C_A}{C_{A0}}\right) = kt + I$$

$$-\ln(1 - x_A) = kt + I$$

$$y = ax + b$$

$$y = -\ln(1 - x_A)$$

$$a = k$$

Dengan data untuk masing-masing bahan isian seperti yang diperlihatkan di Tabel 2, 3, 4, 5, dan 6.

**Tabel 2. Waktu tinggal dan konversi larutan  $\text{Ca(OH)}_2$  absorber dengan bahan isian kelereng**

h (cm)	Waktu tinggal (V/F, menit)	Konversi $\text{Ca(OH)}_2$ ( $x_A$ )	$-\ln(1-x_A)$ (y)
1,0	0,64935	0,56228	0,82617
1,5	0,62500	0,54463	0,78664
2,0	0,60241	0,53949	0,77543
2,5	0,58140	0,53796	0,77210

**Tabel 3. Waktu tinggal dan konversi larutan  $\text{Ca(OH)}_2$  absorber dengan bahan isian pipa plastik**

h (cm)	Waktu tinggal (V/F, menit)	Konversi $\text{Ca(OH)}_2$ ( $x_A$ )	$-\ln(1-x_A)$ (y)
0,5	0,77778	0,5424	0,78176
1,0	0,75758	0,5723	0,84933
1,5	0,72917	0,5628	0,82736
2,0	0,70281	0,5395	0,77544
2,5	0,6783	0,5078	0,70887

**Tabel 4. Waktu tinggal dan konversi larutan  $\text{Ca(OH)}_2$  absorber dengan bahan isian keramik**

h (cm)	Waktu tinggal (V/F, menit)	Konversi $\text{Ca(OH)}_2$ ( $x_A$ )	$-\ln(1-x_A)$ (y)
0,5	0,8889	0,5436	0,7844
1,0	0,8658	0,5634	0,8287
1,5	0,8333	0,5443	0,7853
2,0	0,8032	0,5365	0,7690
2,5	0,7752	0,5045	0,7022

**Tabel 5. Waktu tinggal dan konversi larutan  $\text{Ca(OH)}_2$  absorber dengan bahan isian kayu**

h (cm)	Waktu tinggal (V/F, menit)	Konversi $\text{Ca(OH)}_2$ ( $x_A$ )	$-\ln(1-x_A)$ (y)
0,5	1,056	0,545	0,78526
1,0	1,028	0,553	0,8052
1,5	0,98958	0,5308	0,75686
2,0	0,95382	0,5185	0,73089
2,5	0,92054	0,5438	0,78495

**Tabel 6. Waktu tinggal dan konversi larutan  $\text{Ca(OH)}_2$  absorber dengan bahan isian genting**

h (cm)	Waktu tinggal (V/F, menit)	Konversi $\text{Ca(OH)}_2$ ( $x_A$ )	$-\ln(1-x_A)$ (y)
0,5	0,8333	0,6045	0,9277
1,0	0,8117	0,5623	0,8262
1,5	0,7813	0,5446	0,7867
2,0	0,7530	0,5395	0,7754
2,5	0,7267	0,5280	0,7507

Kemudian dari data-data di atas dibuat suatu grafik hubungan antara waktu tinggal (V/F) dengan  $-\ln(1-x_A)$  yang mana dengan grafik tersebut dapat diketahui nilai k untuk persamaan kimia order satu di atas. Kemudian dari persamaan tersebut dihitung nilai  $-\ln(1-x_A)$  untuk dibandingkan dengan nilai  $-\ln(1-x_A)$  hasil perhitungan sebelumnya kemudian dihitung persen kesalahannya.

Nilai k dari grafik hasil linierisasi dan persen kesalahan rata-rata antara hasil perhitungan dengan grafik untuk  $-\ln(1-x_A)$  untuk masing-masing bahan isian ditampilkan Tabel 7.

**Tabel 7. Nilai k untuk masing – masing bahan isian Absorber**

Bahan isian	k (menit <sup>-1</sup> )	Persen kesalahan (%)
Kelereng	0,781	1,06
Pipa plastik	0,464	2,95
Keramik	0,916	4,18
Kayu	0,637	7,18
Genting	0,987	2,97

## KESIMPULAN

Mekanisme reaksi penyerapan CO<sub>2</sub> dengan larutan Ca(OH)<sub>2</sub> memenuhi reaksi pada persamaan (1) dan merupakan reaksi order satu. Nilai k untuk bahan isian kelereng, pipa plastik, keramik, kayu, dan genting masing-masing adalah (0,781), (0,464), (0,916), (0,637), dan (0,987). Persen kesalahan antara perhitungan dan grafik terbesar adalah untuk bahan isian kayu. Sedangkan persen kesalahan terendah bahan isian kelereng.

## DAFTAR PUSTAKA

- Harahap, F., dkk, 1980, *Teknologi Gas Bio*, ITB Press, Bandung.
- Kartohardjono, S., dkk., 2007, *Absorpsi CO<sub>2</sub> Dari Campurannya Dengan CH<sub>4</sub> Atau N<sub>2</sub> Melalui Kontaktor Membran Serat Berongga Menggunakan Pelarut Air*, MAKARA, TEKNOLOGI, VOL. 11, NO. 2, 97-102.
- Levenspiel, O., 1998, *Chemical Reaction Engineering*, 3rd Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York
- Maarif, F. dan Januar Arif, 2008, *Absorpsi Gas Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dalam Biogas dengan Larutan NaOH secara Kontinyu*, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang, Semarang.
- Tatang, H., dkk, 1989, *Absorpsi Karbondioksida*, Departemen Teknologi Kimia Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Treybal, R. E., 1980, *Mass Transfer Operation*, 3<sup>rd</sup> edition, p.275, Mc Graw Hill Book Co. Ltd, New York.
- 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.,

Vogel, A. I., 1985, *Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*, Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta.

www. id.wikipedia.org/wiki/Biogas (accessed Desember 2009)