

## PENGARUH LAJU ALIR ABSORBEN DAN WAKTU KONTAK $K_2CO_3$ TERHADAP PENYERAPAN $CO_2$ YANG TERKANDUNG DALAM GAS ALAM

Muhrinsyah Fatimura\*, Rully Masriatini\*, Reno Fitriyanti\*

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Palembang

Jl. Jend A. Yani Lrg Gotong Royong 9/10 Ulu Palembang

\*Email: m.fatimura@univpgri-palembang.ac.id

### Abstrak

Gas  $CO_2$  atau gas asam (*sour gas*) merupakan salah satu kandungan dari gas alam yang sifatnya sebagai kontaminan. Adanya kandungan gas  $CO_2$  yang tinggi didalam gas alam perlu dilakukan *treatment* khusus dalam menghilangkan kandungan gas asam (*sour gas*) tersebut dari gas alam dimana proses penghilangan gas asam dari gas alam disebut proses *Sweetening*. Proses Absorpsi gas  $CO_2$  merupakan metode yang sering dilakukan. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh laju alir absorben dan waktu kontak terhadap konsentrasi  $CO_2$  yang di serap. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu dengan perancangan alat yang bisa menunjukkan proses absorpsi  $CO_2$ . Variabel penelitian yang digunakan memvariasikan laju alir absorben 4,95 ml/s, 7,26 ml/s, 10,75 ml/s serta waktu kontak 2,4,6,8 menit dengan menggunakan absorben  $K_2CO_3$  dan Gas alam yang digunakan *compress Natural Gas CNG*. Dari hasil penelitan laju alir Absorben yang paling baik didapat pada 10,75 ml/s dengan penyerapan  $CO_2$  sebesar 69,45 %. Waktu kontak pada setiap waktu tidak berpengaruh banyak terhadap konsentarsi  $CO_2$  yang terserap .

**Kata kunci:** absorben, Sour gas, gas alam, laju alir

### Abstract

$CO_2$  gas or acid gas (*sour gas*) is one of the contents of natural gas which is a contaminant. The presence of high  $CO_2$  gas content in natural gas requires special treatment to remove the sour gas content from natural gas where the process of removing acid gas from natural gas is called the *Sweetening* process. The  $CO_2$  gas absorption process is a method that is often used. This study aims to determine the effect of absorbent flow rate and contact time on the absorbed  $CO_2$  concentration. The method used in this research is to design a tool that can show the  $CO_2$  absorption process. The research variables used varied the absorbent flow rate of 4.95 ml/s, 7.26 ml/s, 10.75 ml/s and a contact time of 2,4,6,8 minutes using  $K_2CO_3$  absorbent and natural gas used compressed Natural CNG gas. From the research results, the best absorbent flow rate was obtained at 10.75 ml/s with  $CO_2$  absorption of 69.45%. Contact time at any time did not have much effect on the concentration of  $CO_2$  absorbed.

**Keywords:** absorbent, sour gas, natural gas, flow rate

## 1. PENDAHULUAN

Pada industri berbasis petrokimia yang menggunakan gas alam sebagai bahan baku, proses pemisahan  $CO_2$  yang terdapat dalam gas alam merupakan hal yang sangat penting dilakukan. Seperti pada pabrik pembuatan amoniak dan metanol, gas alam merupakan bahan baku pembuatan kedua produk tersebut. Gas  $CO_2$  yang terkandung didalam gas alam sering dinamakan gas asam (*acid gas*). Adanya kandungan uap air dalam gas alam membuat  $CO_2$  akan berubah menjadi  $H_2CO_3$  yang akan membuatnya semakin korosif (Swandi, Hadriyati dan Sanuddin, 2020).

Disamping itu gas  $CO_2$  dapat mengurangi nilai bakar (*heating value*) dari gas alam dan pada kilang *Liquefied natural gas* (LNG),  $CO_2$  harus dipisahkan pada proses pembuatan LNG

untuk mencegah terjadinya *freezing*  $CO_2$  tersebut pada tahap pemurnian LNG menggunakan proses *Cryogenic* (pendinginan) . Saat pencairan gas alam pada suhu -161,6C, gas  $CO_2$  akan memadat/membeku sehingga apabila ada gas  $CO_2$  yang lolos akan menyebabkan terjadinya penyumbatan pada tubing-tubing *heat exchanger* sewaktu proses *cryogenic*. Pada pabrik amoniak gas  $CO_2$  dipisahkan karena akan meracuni katalis di reaktor amoniak dan akan dimanfaatkan sebagai bahan baku pada pabrik urea (Fatimura dan Fitriyanti, 2018).

Beberapa penelitian yang dilakukan untuk mereduksi kadar  $CO_2$  dalam gas alam tersebut dengan cara absorpsi menggunakan *solvent* yang dapat digunakan untuk menyerap gas  $CO_2$  (Srihari dan Priambodo Rickyl; boyatzis, 2019).

Beberapa kandungan gas CO<sub>2</sub> dalam gas alam dapat di lihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Komposisi Gas CO<sub>2</sub> dalam gas alam.**

Komponen	PT.CNG Palembang g (% mol)	PT.PUSRI Palembang (% mol)	Paleozoic Kaybob south (% mol)
Methane	83,5064	86,79	56,3
Nitrogen	0,8399	1,57	0,94
CO <sub>2</sub>	4,9747	0,2	3,49
Ethana	5,6705	5,79	7,69
Propana	3,1285	3,31	3,38
i-butana	0,522	0,556	0,87
n-butana	0,6312	0,44	1,73
i-pentana	0,2446	0,,8	0,71
n-pentana	0,1265	0,21	0,76
n-hexane	0,3558	0,02	4,53

Pemisahan gas CO<sub>2</sub> dengan proses absorpsi dan *stripping* menggunakan *solvent amine* dapat menyerap 70 % gas CO<sub>2</sub>. Gas alam yang telah terpisah dari CO<sub>2</sub> ini di sebut gas *sweetening*. Akan tetapi proses ini memerlukan energi yang besar untuk melucuti atau regenerasi gas CO<sub>2</sub> dari solvent amine (Bae, Kim dan Lee, 2011) .

Beberapa teknologi telah banyak dikembangkan untuk pemisahan CO<sub>2</sub> dari aliran gas tersebut seperti absorpsi secara fisika dan kimia, pemisahan cryogenic, dan pemisahan menggunakan membran. Penggunaan membrane kontaktor sebagai penangkap CO<sub>2</sub> dapat menghilangkan CO<sub>2</sub> sampai 75 % baik yang berasal dari gas buang turbin maupun yang berasal dari gas alam untuk diubah menjadi *sweetening gas*. Penurunan tekanan, baik pada sisi cairan maupun gas, merupakan kendala dalam perancangan sistem kontaktor membran serta ukuran membran dan modularitas merupakan tantangan dalam penggunaan sistem membran kontraktor (Hoff dan Svendsen, 2013).

Masalah yang di timbulkan akibat lolosnya gas CO<sub>2</sub> kedalam proses selanjutnya. Mencari solusi bagaimana bisa mereduksi gas tersebut. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh laju alir absorben dan waktu kontak larutan K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> terhadap reduksi gas CO<sub>2</sub> yang terkandung dalam gas alam menggunakan proses absorpsi.

Absorben K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> memiliki keunggulan mempunyai panas regenerasi dan tekanan uap paling rendah dibandingkan absorben lainnya terutama golongan amine sehingga mudah

untuk di lakukan proses *stripping* (L.Pudjiastuti, A.Altway, N.Soewarno, 2011)

## 2. METODELOGI PENELITIAN

### 2.1. Bahan dan alat

Bahan

- Larutan K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 30% wt
- Gas alam (CNG)
- Ca(OH)<sub>2</sub>

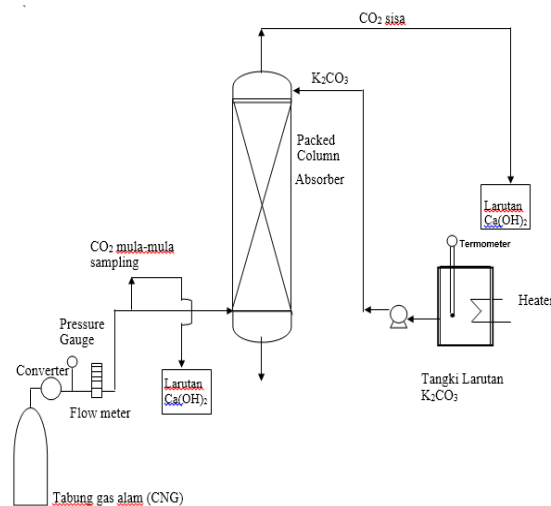
Alat

Pada tahap perancangan peralatan seperti pada gambar 1. alat-alat yang digunakan antara lain:

- Kolom Absorber dan *Packing rasicg ring*
- Tabung Gas Alam (CNG) dan *converterkit*
- *Flow meter*
- Pompa
- Tanki Absorben yang di Isolasi,Termometer dan *Heater*

### 2.2. Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini akan diketahui gas CO<sub>2</sub> terserap dalam larutan K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Penentuan gas CO<sub>2</sub> terserap didasarkan pada beberapa variasi waktu kontak dan laju alir absorben



**Gambar 1. Diagram Alir Rangkaian Peralatan**

Adapun kondisi operasi yang di gunakan adalah konsentrasi K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 30% wt , Laju alir gas alam 6 liter/min , tinggi *packing* 70 cm , jenis *packing rasicg ring*, tekanan masuk kolom 2,7 bar dan temperatur absorben 303 K.

### 2.3. Prosedur Kerja Tahap Persiapan

Memastikan alat seperti sambungan *flange* tidak bocor, distributor absorben tidak tertutup, valve drain, valve gas alam tertutup. Setelah itu dilakukan test awal (running test) pada pompa menggunakan air. Kemudian menganalisa gas CO<sub>2</sub> awal yang terkandung dalam gas alam dengan waktu kontak 2,4,6,8 menit. Dengan analisa gravimetri dapat di ketahui berapa banyak kandungan CO<sub>2</sub> yang bereaksi dalam larutan Ca(OH)<sub>2</sub> pada konsentrasi 0,5 M yang akan membentuk endapan berwarna putih.

#### Pembuatan Larutan Absorben K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 30% wt dalam 1 liter aquadest.

Menimbang sebanyak 0,428 kg K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> kemudian dimasukan kedalam beaker gelas 1 liter setelah itu menambahkan 1 liter air Aquadest aduk sampai larut.

#### Proses Absorpsi

Absorben yang sudah dibuat dimasukkan dalam tangki absorben terlebih dahulu di panaskan menggunakan *heater* sampai 313 K, setelah temperatur tercapai kemudian menghidupkan pompa absorben selanjutnya mengatur debit absorben dengan variasi 4,95 ml/s, 7,26 ml/s dan 10,75 ml/s setelah aliran absorben mengalir sampai kebagian bottom kolom absorber mantap, baru membuka valve gas alam (CNG) dan mengontakkan dengan absorben secara *counter current* kedalam *packed column Absorber* dengan laju alir gas alam 6 liter/min dimana waktu kontak yang bervariasi 2,4,6,8 menit. Gas CO<sub>2</sub> yang tidak terabsorpsi atau gas sisa yang keluar pada bagian top kolom absorber di reaksiakan kedalam larutan Ca(OH)<sub>2</sub> dan di analisa dengan metode gravimetri.

#### Analisa gravimetri

Membuat larutan Ca(OH)<sub>2</sub> 0,5 M sebanyak 1 liter yang berguna untuk mereaksikan gas CO<sub>2</sub> yang terkandung dalam gas alam. 500 ml Larutan Ca(OH)<sub>2</sub> dimasukkan kedalam gelas elemeyer kemudian dikontakkan dengan gas alam sebelum masuk ke dalam kolom absorber untuk menentukan kandungan CO<sub>2</sub> awal dengan waktu kontak 2,4,6,8 menit. Adanya perubahan warna dari larutan Ca(OH)<sub>2</sub> bening menjadi putih keruh menandakan adanya CO<sub>2</sub> bereaksi dengan Ca(OH)<sub>2</sub>. Endapan putih keruh yang terbentuk merupakan CaCO<sub>3</sub> yang kemudian disaring untuk diambil endapannya.

Endapan yang sudah disaring dikeringkan didalam oven, kemudian didinginkan dan ditimbang. Banyaknya CaCO<sub>3</sub> terbentuk sama dengan banyaknya CO<sub>2</sub> berreaksi. Dengan cara yang sama untuk menentukan kandungan CO<sub>2</sub> sisa yang berada pada bagian top kolom absorber dengan waktu kontak 2,4,6,8 menit.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

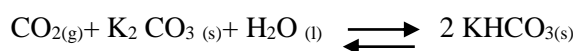
Absorpsi CO<sub>2</sub> yang dilakukan dapat kita lihat hasilnya pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Absorpsi CO<sub>2</sub> Dalam Gas Alam

Laju Alir Absorben (ml/s)	Waktu kontak (menit)	CO <sub>2</sub> mula-mula (gr)	CO <sub>2</sub> sisa (gr)	CO <sub>2</sub> terserap (gr)	CO <sub>2</sub> Terserap (mol. 10 <sup>-3</sup> )	% CO <sub>2</sub> Terserap
4,95	2	0,266	0,126	0,140	3,184	52,63
	4	0,533	0,261	0,272	6,178	52,38
	6	0,781	0,370	0,411	9,350	52,62
	8	1,064	0,494	0,570	12,961	52,32
7,26	2	0,266	0,102	0,164	3,727	62,90
	4	0,533	0,201	0,332	7,548	62,98
	6	0,781	0,285	0,496	11,284	63,00
	8	1,064	0,380	0,684	15,549	62,89
10,75	2	0,266	0,087	0,179	4,063	69,29
	4	0,533	0,163	0,370	8,419	69,42
	6	0,781	0,243	0,538	12,230	69,82
	8	1,064	0,295	0,769	17,483	69,27

Proses absorpsi reaktif CO<sub>2</sub> dari gas alam umumnya berlangsung pada tekanan tinggi dan temperatur sedang, menyebabkan terjadinya reaksi kimia dan proses pelarutan. Pada penelitian ini penyerapan gas CO<sub>2</sub> menggunakan larutan K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 30% wt pada tekanan gas alam masuk kolom absorber 2,7 bar dengan laju alir 6 liter / min dan temperatur absorben 313 K.

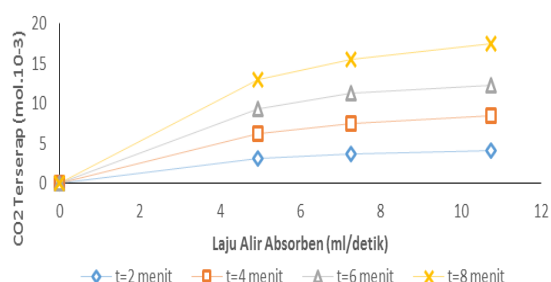
Dasar reaksi penyerapan CO<sub>2</sub> dalam larutan K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> yaitu (Chioyama., dkk, 2015) :



Pada penelitian yang terdahulu, analisa transfer massa disertai reaksi kimia pada absorpsi CO<sub>2</sub> dengan larutan potasium karbonat dalam packed column, adanya kenaikan laju alir absorben dari 3 sampai 7 l/menit dapat menyebabkan kenaikan persen penyerapan CO<sub>2</sub> (Ali Altway, Susianto, Kuswandi, 2008). Laju absorpsi CO<sub>2</sub> dipengaruhi oleh laju alir liquida dan konsentrasi MSG. Sedangkan nilai % CO<sub>2</sub> removal dipengaruhi oleh laju alir liquid, laju alir gas dan konsentarsi MSG (Ningsih, dkk, 2017).

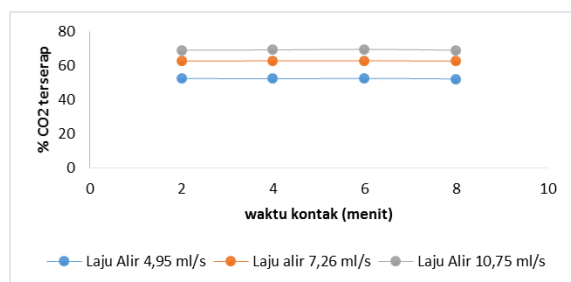
Pada Gambar 2. dapat diketahui bahwa penambahan laju alir absorben dapat meningkatkan konsentrasi CO<sub>2</sub> yang terserap

ini dikarenakan semakin banyak jumlah absorben yang menyerap  $\text{CO}_2$ . Ini dapat dilihat pada laju alir absorben 4,95 ml/s rata-rata  $\text{CO}_2$  terserap 52,48 %, laju alir 7,26 ml/s rata-rata  $\text{CO}_2$  terserap 62,88 %, laju alir 10,75 ml/s, rata-rata  $\text{CO}_2$  terserap 69,45 %.



**Gambar 2. Pengaruh Laju Alir Gas  $\text{CO}_2$  dari beberapa laju alir absorben.**

Pada Gambar 3. dapat diketahui hubungan waktu kontak terhadap konsentrasi gas  $\text{CO}_2$  yang terserap tidak berpengaruh besar terhadap %  $\text{CO}_2$  yang terserap. Ini terlihat dari bentuk kurva yang cenderung konstan dari waktu kontak 2,4,6,8 menit pada laju alir absorben 4,95 ml/s dengan  $\text{CO}_2$  terserap rata-rata 52,48 %, laju alir absorben 7,26 ml/s dengan  $\text{CO}_2$  terserap rata-rata 62,88 % dan laju alir absorben 10,75 ml/s dengan  $\text{CO}_2$  terserap rata-rata 69,47%. Kecenderungan persen penyerapan sama tidak terjadi kenaikan yang berarti..



**Gambar 3. Pengaruh waktu kontak terhadap banyaknya % $\text{CO}_2$  terserap.**

#### 4. KESIMPULAN

Semakin meningkatnya laju alir absorben maka semakin meningkatnya  $\text{CO}_2$  terserap dimana pada laju alir 10,75 ml/s %  $\text{CO}_2$  terserap paling baik sebesar 69,45%. Lamanya waktu kontak tidak mempengaruhi konsentrasi  $\text{CO}_2$  terserap ini dapat dilihat dari %  $\text{CO}_2$  yang terserap reaktif sama pada waktu kontak 2,4,6,8 menit pada beberapa laju alir.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ali Altway, Susianto, Kuswandi, K. (2008) *Kajian Uang Transfer Massa Disertai Reaksi Kimia Pada Absorpsi Reaktif Gas  $\text{CO}_2$  Pada Packed Column*, *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*. Available at: <https://www.aptekim.id/jtki/index.php/JTKI/article/view/134/128>.
- Bae, H. K., Kim, S. Y. and Lee, B. (2011) 'Simulation of  $\text{CO}_2$  removal in a split-flow gas sweetening process', *Korean Journal of Chemical Engineering*, 28(3), pp. 643–648. doi: 10.1007/s11814-010-0446-6.
- Chioyama, H. *et al.* (2015) 'Temperature-dependent double-step  $\text{CO}_2$  occlusion of  $\text{K}_2\text{CO}_3$  under moist conditions', *Adsorption Science and Technology*, 33(3), pp. 243–250. doi: 10.1260/0263-6174.33.3.243.
- Fatimura, M. and Fitriyanti, R. (2018) 'Penanganan Gas Asam ( Sour Gas ) Yang Terkandung Dalam Gas Alam Menjadi Sweetening Gas', *Jurnal Redoks*, 3(2), p. 55. doi: 10.31851/redoks.v3i2.2390.
- Hoff, K. A. and Svendsen, H. F. (2013) ' $\text{CO}_2$  absorption with membrane contactors vs. packed absorbers- Challenges and opportunities in post combustion capture and natural gas sweetening', *Energy Procedia*, 37(1876), pp. 952–960. doi: 10.1016/j.egypro.2013.05.190.
- L.Pudjiastuti, A.Altway, N.Soewarno, K. (2011) 'Carbon Dioxide Absorption Into Aqueous Potassium Carbonate Promoted With MethylDiethanolamine(MDEA)', *International Journal of Academic Research*, 3(3).
- Ningsih, E. *et al.* (2017) 'Absorpsi Gas  $\text{CO}_2$  Berpromotor Msg Dalam Larutan  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ', *Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri*, pp. 1–5.
- Srihari, E. and Priambodo Rickyl; boyatzis, P. S. S. H. W. W. (2019) 'Absorpsi Gas  $\text{CO}_2$  Menggunakan Monoetanolamine', *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), pp. 1689–1699.
- Swandi, H., Hadriyati, A. and Sanuddin, M. (2020) 'Ekologia: Jurnal Ilmiah Ilmu Dasar dan Lingkungan Hidup', *Ekologia: Jurnal Ilmiah Ilmu Dasar dan Lingkungan Hidup*, 20(1), pp. 40–44. Available at: <https://journal.unpak.ac.id/index.php/ekologia>.