

## PENGARUH KONSENTRASI $K_2CO_3$ DAN KATALIS $H_3BO_3$ DALAM PROSES ABSORPSI GAS $CO_2$ PADA BIOGAS DENGAN MENGGUNAKAN KOLOM GELEMBUNG

Sri Ismiyati Damayanti<sup>1)</sup>, Novianti Diah Anggraeni<sup>1)</sup> dan Rangga Aris Munandar<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung  
Jl. Prof. Dr. Soemantri Brodjonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145  
Surel: ranggarismunandar@yahoo.com

### ABSTRACT

Biogas was one of renewable energy resources by decomposition of biomass compound using anaerobic microorganism and resulting carbon dioxide gas in high quantity. The high content of  $CO_2$  could reduce of heating value of biogas. So, that need carry out absorption of  $CO_2$  from biogas using  $K_2CO_3$  solution with catalys  $H_3BO_3$  in bubble column. The aims of this research was to obtain the optimum concentration of  $K_2CO_3$  and  $H_3BO_3$  catalys in the absorbent solution, and will result in the optimum absorption of  $CO_2$  from biogas also. This research was carried out experimentally using semibatch operating system with variabel which varied is concentration of  $K_2CO_3$  that is 20, 30 and 40 wt% and concentration  $H_3BO_3$  catalys is 3, 5, 7 and 9 wt% in absorbent solution. The mechanism occured in absorption process is mass transfer of  $CO_2$  from bulk biogas to bulk liquid by diffusion in which accompanied with the chemical reaction. The result of this study is showing of optimum concentration of  $K_2CO_3$  equal to 30 wt% in absorbent solution and it can be highest  $CO_2$  absorption from biogas too. But, the optimum concentration of  $H_3BO_3$  catalys is not found, because the highest  $CO_2$  absorption from biogas is in 9 wt% concentration in absorbent solution.

Keywords: absorption, Biogas, Bonic Acid,  $CO_2$ ,  $K_2CO_3$ .

### ABSTRAK

Biogas merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang dihasilkan dari penguraian komponen biomassa dengan menggunakan mikroorganisme secara anaerobik dan menghasilkan gas  $CO_2$  dalam jumlah yang cukup tinggi. Kandungan  $CO_2$  ini dapat mengurangi *heating value* dari biogas, sehingga dilakukan proses absorpsi gas  $CO_2$  pada biogas dengan menggunakan larutan  $K_2CO_3$  dan katalis  $H_3BO_3$  pada kolom gelembung. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh konsentrasi  $K_2CO_3$  dan konsentrasi katalis  $H_3BO_3$  di dalam larutan absorben yang optimum, sehingga akan menghasilkan penyerapan gas  $CO_2$  pada biogas yang optimum juga. Penelitian ini dilaksanakan secara eksperimen dengan menggunakan sistem operasi *semibatch*, dengan variabel bebas yang divariasikan adalah konsentrasi  $K_2CO_3$  yaitu sebanyak 20, 30 dan 40 % massa serta konsentrasi katalis  $H_3BO_3$  yaitu sebanyak 3, 5, 7 dan 9 % massa di dalam larutan absorben. Mekanisme proses absorpsi yang terjadi adalah transfer massa dari fase gas ke cairan secara difusi yang disertai dengan reaksi kimia. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi  $K_2CO_3$  yang optimum adalah sebesar 30 % massa yang memberikan penyerapan gas karbondioksida ( $CO_2$ ) dari



biogas tertinggi, sedangkan konsentrasi katalis  $H_3BO_3$  yang menghasilkan penyerapan  $CO_2$  tertinggi adalah sebanyak 9 % massa.

Kata kunci : absorpsi, Asam Borat, Biogas,  $CO_2$ ,  $K_2CO_3$ .

## PENDAHULUAN

Pemanfaatan sumber energi non-fosil menjadi semakin penting dilakukan, seiring dengan terus meningkatnya pemakaian dan menipisnya cadangan energi yang bersumber dari fosil. Sumber energi non-fosil dapat diperoleh dari kotoran ternak, sampah perkotaan, limbah pertanian dan sumber biomassa lainnya. Penguraian senyawa-senyawa organik tersebut akan menghasilkan biogas yang merupakan salah satu sumber energi alternatif yang terbarukan. Teknologi biogas telah berkembang sejak lama, namun aplikasi penggunaannya belum berkembang secara luas karena masih tingginya kandungan gas karbondioksida ( $CO_2$ ) dalam biogas. Tingginya kandungan gas  $CO_2$  dalam biogas menyebabkan nilai panas pembakaran (*heating value*) biogas tersebut menjadi rendah. Sehingga menjadi perlu dilakukan proses pemurnian atau purifikasi pada biogas yang bertujuan untuk mengurangi kadar gas  $CO_2$  yang terkandung dalam biogas (Kamopas & Kiatsiriroat, 2011).

Pemurnian atau purifikasi biogas dapat dilakukan dengan beberapa metode, seperti metode adsorpsi, *cryogenic*, dan membran, serta metode absorpsi, baik fisika maupun kimia. Metode absorpsi kimia merupakan metode yang sering digunakan karena lebih ekonomis dan pelarut yang digunakan dapat diregenerasi. Proses absorpsi kimia dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa kolom sebagai tempat terjadinya kontak antar fasa dalam proses absorpsi kimia seperti kolom *tray*, *packing*, *wetted wall column*, dan *bubble column* atau kolom gelembung. Kolom gelembung digunakan karena memiliki luas area kontak antar fasa yang besar serta mudah dan murah untuk

diaplikasikan di masyarakat. Proses absorpsi kimia gas  $\text{CO}_2$  dari biogas pada sebuah kolom gelembung, sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis dan konsentrasi absorben serta jenis dan konsentrasi katalis. Berbagai variabel diatas dapat menentukan besarnya daya absorpsi atau penyerapan gas  $\text{CO}_2$  dari biogas yang dihasilkan dari proses tersebut (Perry, 2008).

Jenis pelarut yang dapat digunakan adalah senyawa piperazine, amine (DEA, MEA dll) serta senyawa alkali seperti  $\text{K}_2\text{CO}_3$ . Senyawa piperazine dan amine memiliki daya absorpsi yang tinggi, tetapi memiliki harga yang relatif mahal serta tidak dapat diregenerasi sedangkan senyawa  $\text{K}_2\text{CO}_3$  harganya relatif murah dan dapat diregenerasi. Akan tetapi daya absorpsi dari senyawa ini lebih rendah, sehingga memerlukan katalis seperti  $\text{H}_3\text{BO}_3$  (Rousseauw, 1987).

Kuswandi *et al.* (2008) telah melakukan penelitian tentang solubilitas gas  $\text{CO}_2$  dalam larutan  $\text{K}_2\text{CO}_3$  dengan konsentrasi 10–30% massa dan berkesimpulan bahwa daya absorpsi  $\text{CO}_2$  tertinggi berada pada konsentrasi 30 % massa. Selain itu, Ghosh *et al.* (2009) juga telah melakukan penelitian tentang absorpsi gas karbondioksida pada larutan  $\text{K}_2\text{CO}_3$  dengan menggunakan katalis  $\text{H}_3\text{BO}_3$  konsentrasi berkisar antara 1–5% massa dan berkesimpulan bahwa daya absorpsi  $\text{CO}_2$  tertinggi pada larutan dengan konsentrasi katalis sebanyak 5 wt %. Sehingga konsentrasi larutan Potassium Karbonat ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) dan katalis  $\text{H}_3\text{BO}_3$  yang optimum belum ditemukan. Oleh karena itu, maka penelitian ini bertujuan untuk memperoleh konsentrasi  $\text{K}_2\text{CO}_3$  dan  $\text{H}_3\text{BO}_3$  di dalam larutan absorben yang optimum.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini telah dilakukan pada bulan Mei 2015 hingga bulan Juli 2015, di Desa Kediri, Kecamatan Gadingrejo, Kabupaten Pringsewu dan Laboratorium Penelitian Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung. Bahan – bahan yang digunakan adalah  $K_2CO_3$  sebanyak 1318 gr, Asam Borat ( $H_3BO_3$ ) 243 gr, akuades sebanyak 2,8 liter dan Potassium Hidroksida [ $Ca(OH)_2$ ] serta biogas dari kotoran ternak. Sedangkan alat-alat yang digunakan adalah kolom gelembung, pH meter, *Gas Metering* dan *Stopwatch*.

Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode absorpsi kimia. Absorpsi kimia adalah proses penyerapan gas ke dalam larutan penyerap yang disertai dengan adanya reaksi kimia, sehingga dapat memperbesar daya absorpsinya. Selama proses absorpsi ini, terjadi transfer sejumlah massa gas  $CO_2$  dari badan utama biogas ke badan utama larutan absorben (penyerap) melalui lapisan film gas dan cairan. Transfer massa tersebut dipengaruhi oleh konsentrasi larutan  $K_2CO_3$  dan katalis  $H_3BO_3$  yang digunakan. Sehingga untuk mengetahui pengaruhnya dilakukan penelitian secara eksperimen dengan melewatkan biogas ke dalam larutan  $K_2CO_3$  dengan katalis  $H_3BO_3$  secara *semibatch*, yaitu larutan absorben masuk ke dalam kolom gelembung secara *batch*, sedangkan biogas masuk ke dalam kolom secara kontinyu.

Variabel yang divariasikan pada penelitian ini adalah konsentrasi Potassium Karbonat  $K_2CO_3$  di dalam larutan absorben sebanyak 20, 30 dan 40 % massa serta konsentrasi katalis Asam Borat ( $H_3BO_3$ ) yang digunakan yaitu sebesar 3, 5, 7 dan 9 % massa di dalam larutan absorben. Selain variabel bebas tersebut, pada penelitian juga digunakan beberapa variabel tetap yang diperoleh dari penelitian terdahulu yaitu seperti kondisi operasi (temperatur : 30 °C, tekanan : 1 atm), dimensi kolom gelembung



(diameter : 5 cm, tinggi : 33 cm), dimensi *sparger* (diameter : 1 mm, jumlah : 50 *hole*), laju alir biogas : 0,6 liter/menit, dan volume larutan absorben : 0,5 liter.

Secara keseluruhan penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu : a). pembuatan kurva standar pereduksian gas CO<sub>2</sub>, b). persiapan peralatan absorpsi, c). proses penelitian, d). analisa data dan perhitungan.

Kurva standar pereduksian gas CO<sub>2</sub> dibuat dengan cara mencampurkan gas Karbondioksida (CO<sub>2</sub> murni dengan gas Nitrogen (N<sub>2</sub>) sebagai gas *inert* dengan kadar masing – masingnya berkisar antara 0 – 100 v/v %. Setelah gas CO<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> dicampur pada *mixing bag*, kemudian campuran tersebut direaksikan dengan larutan Ca(OH)<sub>2</sub> 1M sebanyak 40 ml dan diukur pHnya dengan menggunakan *pH meter*.

Proses penelitian ini dibagi menjadi 2 bagian yaitu, penelitian dengan memariasikan konsentrasi K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> pada larutan absorben dengan menggunakan katalis H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> sebanyak 5 wt %, untuk memperoleh konsetrasi K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> yang optimum. Kemudian dari konsentrasi K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> yang optimum tersebut, divariasikan kembali konsentrasi katalis H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> di dalam larutan absorben, dengan prosedur penelitian yang digunakan dalam proses absorpsi ini adalah mengatur laju alir biogas yang masuk kolom absorber sebanyak 0,6 liter/menit, kemudian mengalirkan biogas tersebut dari bagian bawah kolom absorber yang telah diisi dengan larutan absorben sebanyak 0,5 liter. Biogas yang telah berkontak dan bereaksi dengan larutan absorben, akan keluar dari bagian atas kolom dan direaksikan dengan larutan kalsium hidroksida [Ca(OH)<sub>2</sub>] setiap 15 detik sekali. Larutan hasil reaksi antara Ca(OH)<sub>2</sub> dengan gas CO<sub>2</sub> pada biogas diukur pHnya.

Analisa sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah menganalisa kadar gas CO<sub>2</sub> pada biogas sebelum dan setelah proses absorpsi dengan cara mengukur pH

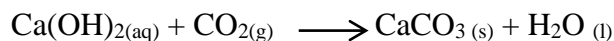
larutan  $\text{Ca(OH)}_2$  hasil pereduksian  $\text{CO}_2$  pada biogas sebelum dan setelah proses absorpsi, dengan cara membandingkannya dengan pH larutan  $\text{Ca(OH)}_2$  standar, sehingga dapat diperoleh kadar  $\text{CO}_2$  pada biogas sebelum dan setelah proses absorpsi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini komposisi utama dari biogas yang digunakan dari Desa Kediri adalah hanya gas Karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) sebanyak 31,798 %v/v dan gas Methana ( $\text{CH}_4$ ) sebanyak 68,202 %v/v, hal ini dikarenakan oleh komposisi gas-gas lainnya seperti  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ , dan  $\text{O}_2$  memiliki jumlah yang sangat kecil yaitu Ppm (*part per milion*) sehingga diasumsikan tidak mempengaruhi komposisi biogas yang digunakan.

### Kurva Standar Pereduksian $\text{CO}_2$ dengan menggunakan Larutan $\text{Ca(OH)}_2$ 1M

Kurva standar pereduksian gas  $\text{CO}_2$  digunakan untuk mengetahui kadar gas  $\text{CO}_2$  yang terdapat di dalam biogas sebelum maupun setelah proses absorpsi dengan mereaksikan biogas tersebut dengan larutan  $\text{Ca(OH)}_2$  1 M, seperti terlihat pada gambar 2 dan gambar 3. Kedua gambar tersebut merepresentasikan hubungan antara kadar gas  $\text{CO}_2$  (% v/v) di dalam campuran gas dengan pH larutan  $\text{Ca(OH)}_2$  1 M yang dihasilkan. Adapun reaksi kimia yang terjadi pada proses pereduksian tersebut adalah sebagai berikut :



Senyawa  $\text{Ca(OH)}_2$  hanya bereaksi dan reaktif terhadap gas  $\text{CO}_2$ , sehingga dapat digunakan untuk mengetahui kadar gas  $\text{CO}_2$  yang terdapat pada biogas sebelum maupun setelah proses absorpsi. Hasil kurva standar gas  $\text{CO}_2$  dapat dilihat pada gambar 2 dan 3. Kurva tersebut dibuat dengan menggunakan pendekatan regresi untuk memperoleh hubungan antara pH larutan  $\text{Ca(OH)}_2$  dengan kadar gas  $\text{CO}_2$  yang terdapat pada biogas



yang berupa persamaan matematis. Adapun persamaan matematis yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

- pH Lartuan Ca(OH)<sub>2</sub> yang berkisar antara 6,3 – 7,2

$$y = 34324 \exp^{-1,308 x} \dots\dots\dots (1)$$

- pH Lartuan Ca(OH)<sub>2</sub> yang berkisar antara 11,9 – 12,3

$$y = -74,359x^2 + 1752,4 x - 1030 \dots\dots\dots (2)$$

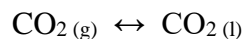
Keterangan :

x = pH larutan Kalsium Hidroksida [Ca(OH)<sub>2</sub>] 1 M

y = Kadar Gas Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) di dalam biogas

### **Pengaruh Konsentrasi K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> terhadap Penyerapan Gas CO<sub>2</sub> pada Biogas**

Adapun mekanisme proses yang terjadi selama proses absorpsi ini adalah proses difusi yang disertai dengan proses reaksi kimia. Proses difusi merupakan proses transfer sejumlah massa gas CO<sub>2</sub> melalui lapisan film gas menuju lapisan antarfasa, kemudian menuju ke badan utama cairan melalui lapisan film cairan. Proses difusi terjadi akibat adanya *drifing force* yang berupa kelarutan gas CO<sub>2</sub> terhadap larutan K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, sehingga mengakibatkan adanya perbedaan konsentrasi gas CO<sub>2</sub> di fasa gas dan cairan. Proses transfer massa tersebut dibatasi oleh kesetimbangan gas CO<sub>2</sub> di fasa gas dan cairan. Setelah sejumlah gas CO<sub>2</sub> terlarut, maka akan terjadi proses reaksi kimia di dalam larutan. Adapun mekanisme reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Reaksi tersebut menghasilkan produk potassium karbonat dalam bentuk larutan dan berlangsung secara *reversible* (bolak-balik), sehingga larutan yang digunakan dapat diregenerasi kembali.

Gambar 4 merupakan pengaruh konsentrasi  $K_2CO_3$  di dalam larutan absorben terhadap kadar gas  $CO_2$  yang terserap dari biogas tiap waktu. Seperti terlihat pada gambar tersebut, bahwa semakin tinggi konsentrasi  $K_2CO_3$  di dalam larutan, maka kadar gas  $CO_2$  yang terserap juga akan semakin besar hingga konsentrasi  $K_2CO_3$  sebesar 30 wt %, setelah konsentrasi 30 wt % maka kadar gas  $CO_2$  yang terserap mengalami penurunan kembali. Hal tersebut terjadi dikarenakan oleh semakin tinggi konsentrasi  $K_2CO_3$  di dalam larutan absorben, akan mengakibatkan semakin besarnya kelarutan gas  $CO_2$  terhadap larutan tersebut sehingga semakin banyak juga gas  $CO_2$  yang terserap. Akan tetapi, apabila konsentrasi  $K_2CO_3$  yang terlalu tinggi akan mengakibatkan semakin tingginya kekuatan ion karbonat ( $CO_3^{2-}$ ) di dalam larutan. Semakin tingginya kekuatan ion karbonat akan berakibat pada semakin tingginya tahanan absorpsi pada lapisan film cairan, sehingga berdampak pada turunnya difusivitas gas  $CO_2$  ke dalam larutan absorben tersebut, maka banyak gas  $CO_2$  yang terserap akan mengalami penurunan juga. Semakin banyaknya gas  $CO_2$  yang berdifusi ke badan utama cairan maka reaksi kimianya juga akan semakin besar. Dengan meningkatnya gas  $CO_2$  yang bereaksi di fasa cair, maka akan meningkatkan daya absorpsi dari larutan absorben tersebut. Oleh karena itu, maka konsentrasi  $K_2CO_3$  di dalam larutan absorben yang optimum adalah 30 wt %, yang mampu menghasilkan kadar  $CO_2$  terserap yang paling tinggi.

#### **Pengaruh Konsentrasi Katalis $H_3BO_3$ terhadap Penyerapan Gas $CO_2$ pada Biogas**

Gambar 5 merupakan grafik pengaruh konsentrasi katalis  $H_3BO_3$  di dalam larutan absorben terhadap kadar gas  $CO_2$  yang terserap dari biogas tiap waktu selama proses absorpsi. Seperti terlihat pada grafik tersebut, maka dapat dilihat bahwa konsentrasi katalis  $H_3BO_3$  di dalam larutan absorben hanya berpengaruh kepada waktu reaksi fasa cair yang dibutuhkan antara gas  $CO_2$  dengan  $K_2CO_3$  di dalam larutan



absorben, sehingga tidak berpengaruh secara signifikan terhadap difusivitas gas  $\text{CO}_2$  ke dalam larutan  $\text{K}_2\text{CO}_3$  yang digunakan. Akan tetapi dengan semakin cepatnya reaksi fasa cair antar antara gas  $\text{CO}_2$  dengan  $\text{K}_2\text{CO}_3$  di dalam larutan akan mengakibatkan semakin banyaknya senyawa  $\text{K}_2\text{CO}_3$  yang terkonversi menjadi senyawa  $\text{KHCO}_3$ , sehingga waktu absorpsi yang dibutuhkan juga akan semakin cepat. Oleh karena itu, maka konsentrasi katalis  $\text{K}_2\text{CO}_3$  di dalam larutan absorben yang optimum belum ditemukan.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Konsentrasi Potassium Karbonat ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) dan katalis Asam Borat ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) dalam larutan absorben dapat mempengaruhi proses difusi dan reaksi yang terjadi di dalam proses absorpsi gas karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) pada biogas.
2. Konsentrasi  $\text{K}_2\text{CO}_3$  pada larutan absorben yang optimum dalam menyerap gas  $\text{CO}_2$  pada biogas adalah sebanyak 30 % massa.
3. Konsentrasi Katalis  $\text{H}_3\text{BO}_3$  pada larutan absorben yang paling banyak dalam menyerap gas  $\text{CO}_2$  pada biogas adalah sebanyak 9 % massa.

Berdasarkan hasil dan kesimpulan dari penelitian diatas disarankan untuk memariasikan kembali konsentrasi katalis Asam Borat yang digunakan, hingga ditemukan konsentrasi yang optimum.

## DAFTAR PUSTAKA

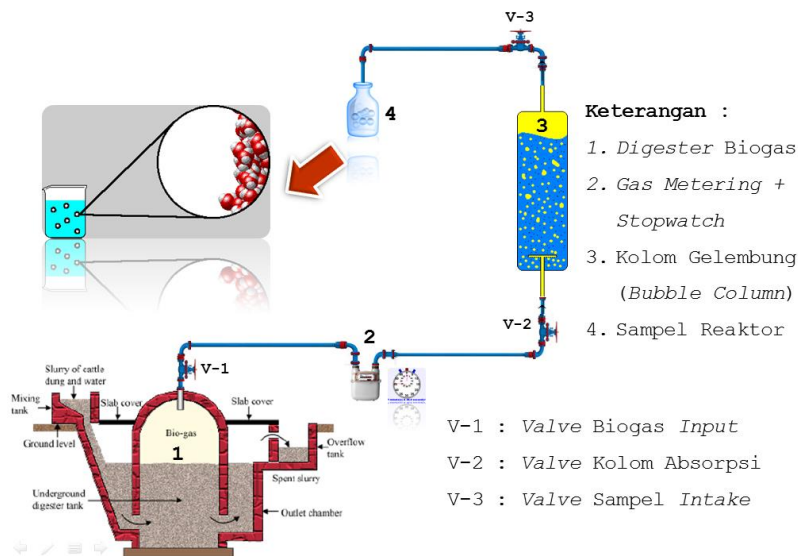
Ghosh, Ujjal K, Kentish SE, & Stevens GW. 2009. Absorption of carbon dioxide into aqueous pottasium carbonate promoted by boric acid. *Energy Procedia*. 1: 1075 – 1081.

Kamopas W & Kiatsirirot T. 2011. Biogas purification by uniform bubbly flow in ethanolamine solution. The Second TSME International Conference on Mechanical Engineering. Krabi, 19 – 21 Oktober 2011.

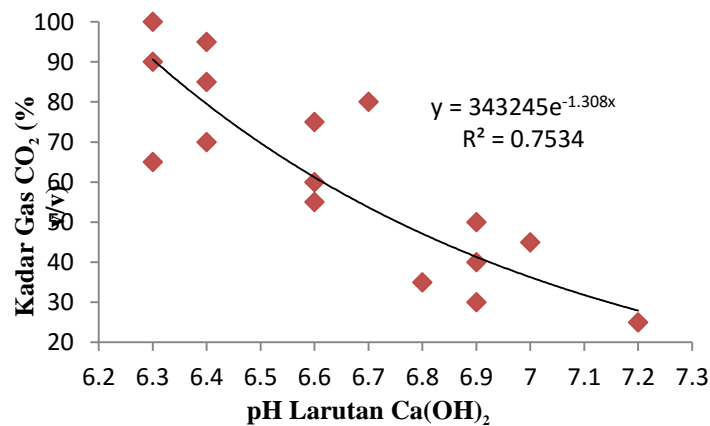
Kuswandi, Anam K, & Provinta Y. 2008. Solubilitas gas CO<sub>2</sub> dalam larutan potassium karbonat. *J. Teknik Kimia*. 3(1).

Perry, Robert H, & Green DW. 2008. *Perry's Chemical Engineers Handbook*. Eight Edition. Mc Graw – Hill. New York.

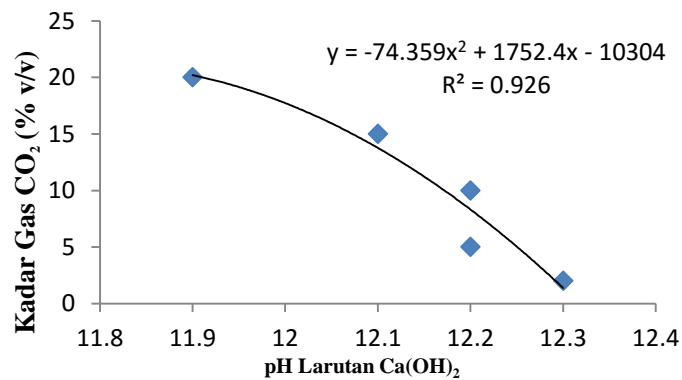
Rousseau R. 1987. *Handbook of Separation Process Technology*. John Wiley & Sons. New York.



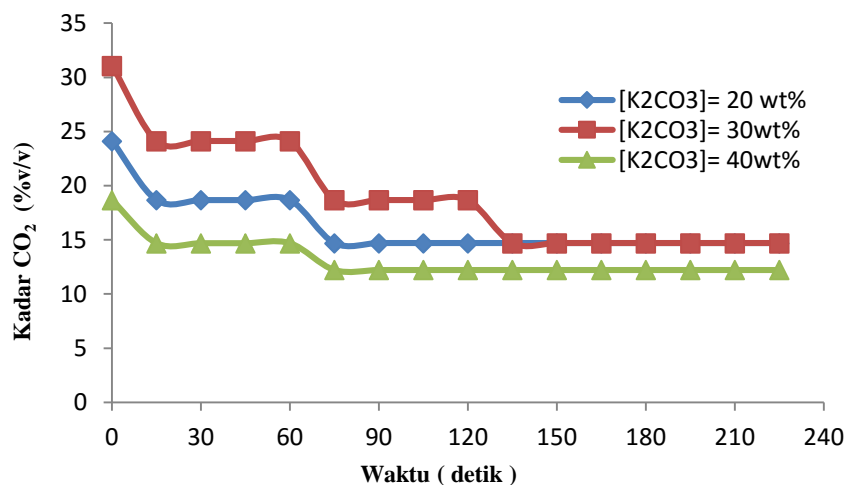
Gambar 1. Skema Proses Absorpsi Gas Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dari Biogas



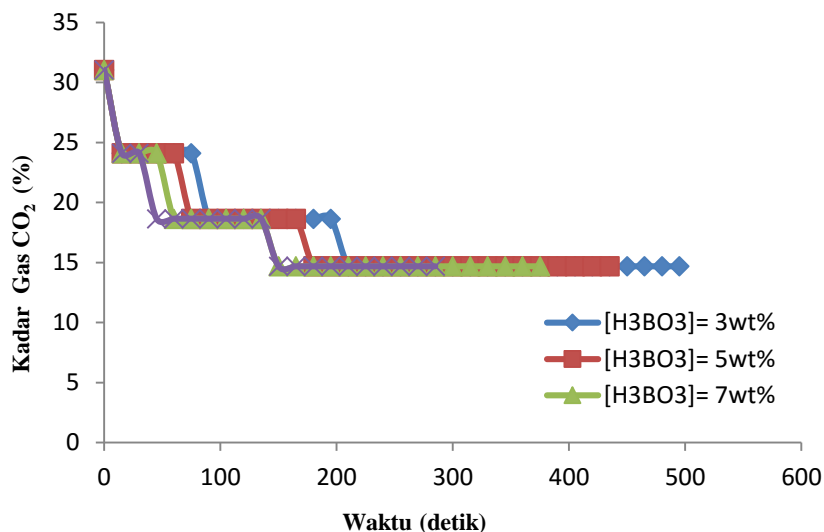
Gambar 2. Kurva Standar Pereduksian Gas CO<sub>2</sub> dengan menggunakan Larutan Ca(OH)<sub>2</sub> 1M untuk pH Larutan yang berkisar antara 6,3–7,2



Gambar 3. Kurva Standar Pereduksian Gas CO<sub>2</sub> dengan menggunakan Larutan Ca(OH)<sub>2</sub> 1M untuk pH Larutan yang berkisar antara 11,9 – 12,3



Gambar 4. Pengaruh Konsentrasi K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> di dalam Larutan Absorben terhadap Kadar Gas CO<sub>2</sub> yang terserap dari Biogas tiap Waktu



Gambar 5. Pengaruh Konsentrasi Katalis H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> di dalam Larutan Absorben terhadap Kadar Gas CO<sub>2</sub> yang terserap dari Biogas tiap Waktu