

PERFORMANSI PURIFIKASI BIOGAS DENGAN KOH BASED ABSORBENT

Dadang Hermawan, Nurkholis Hamidi, Mega Nur Sasongko
Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang, MT Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
Phone : +62-341-587710, Fax : +62-341-551430
E-mail: dang_gama@yahoo.com

Abstract

The absorption of CO_2 is aimed to increase the methane gas fraction in biogas. Enhancing methane fraction hopefully will increase the total energy of the biogas it self. The purification process of biogas minimizing another elements maintains combustion, especially minimizing H_2O , CO_2 , and H_2S . The purification using KOH as the absorbent to decrease the CO_2 . The result shown that the content of CO_2 decreased into 27% from 35.5%, the average content of CH_4 increased from 18% to 48.5%. Increasing KOH composition decreases bubble generator diameter and mass flow.

Keywords: Biogas , Debit , Long Live Bubble , Composition KOH solution , and Diameter Bubble

PENDAHULUAN

Penggunaan energi terbarukan yang banyak dikembangkan saat ini berasal dari limbah organik seperti kotoran hewan, sampah biomassa, kotoran manusia, dan limbah tahu yang dapat dimanfaatkan melalui proses *anaerobic digestion* sehingga dihasilkan sebuah bahan bakar terbaru yaitu biogas. Pembuatan biogas mempunyai prinsip kerja yaitu memanfaatkan proses pencernaan yang dilakukan oleh bakteri metanogen sehingga menghasilkan kandungan metana (CH_4) yang terdapat dalam biogas. Biogas mempunyai komposisi kandungan gas yang terdiri dari metana (CH_4) sekitar 50-70%, untuk karbondioksida (CO_2) sekitar 30-40%, untuk hidrogen (H_2), nitrogen (N_2), uap air (H_2O) dan belerang (H_2S) cenderung lebih kecil persentasinya [1].

Kualitas biogas yang dihasilkan dari beberapa macam limbah kotoran ternak maupun sampah masih kurang baik dikarenakan masih banyaknya zat pengotor atau (*impurity*) yang terdapat dalam biogas. Kandungan zat pengotor pada air yang berasal dari biogas karena adanya reaksi dengan H_2S , NH_3 dan CO_2 dapat menimbulkan korosi dalam kompresor, tangki penyimpanan gas dan mesin. Hal ini dikarenakan CO_2 akan membentuk asam jika berinteraksi dengan H_2O dan nilai kalor dari biogas akan rendah, sedangkan kandungan H_2S akan menimbulkan korosi dalam kompresor, tangki penyimpanan gas dan mesin [2]. Upaya untuk meningkatkan

kualitas biogas dari zat pengotor perlu dilakukan proses purifikasi atau pemurnian pada biogas dengan menyerap atau mengurangi kandungan zat pengotor pada biogas tersebut. Proses pemurnian biogas yang sudah beberapa dilakukan adalah mengurangi zat pengotor yang merupakan salah satu kandungan yang terdapat pada biogas yaitu gas karbon dioksida (CO_2).

Untuk penggunaan fluida air dalam proses penyerapan dapat menurunkan kadar CO_2 dalam biogas. Menurut Arai (Anonim, 2010), konsentrasi dari larutan penyerap merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi absorpsi, semakin tinggi konsentrasi larutan penyerap yang digunakan pada penyerapan CO_2 , maka penyerapan CO_2 akan semakin maksimal.

Untuk mengurangi kadar CO_2 yang terkandung dalam biogas adalah dengan mengabsorpsi CO_2 menggunakan larutan NaOH secara kontinyu dalam suatu reaktor (absorber). Pada penelitian ini [3] variabel yang diteliti adalah pengaruh laju alir NaOH terhadap CO_2 yang terserap dan CH_4 yang dihasilkan. Absorpsi CO_2 dilakukan dengan mengumpalkan larutan NaOH secara kontinyu pada bagian atas menara pada konsentrasi dan laju alir tertentu, sementara biogas dialirkan pada bagian bawah menara. Dari hasil analisa dan perhitungan didapatkan jumlah CO_2 yang terserap dan CH_4 yang dihasilkan semakin besar seiring berkurangnya laju alir NaOH serta

%CO₂ yang terserap maksimum 58,11% dan kadar CH₄ yang dihasilkan sebesar 74,13%.

Pada penelitian adsorpsi CO₂ menggunakan zeolit [4] diperoleh bahwakonsentrasi, laju alir dan berat zeolit berpengaruh pada proses adsorpsi CO₂. Proses adsorpsi CO₂ dilakukan pada temperatur 31°C, tekanan 1 atm dengan proses kontinyu selama 60 menit dan menghasilkan konsentrasi CO₂ 19,71 %mol dan laju alir CO₂(l/menit), zeolit menyerap CO₂ sebanyak 0,00156 % mol dan diperoleh konstanta kecepatan adsorpsi (k) 0,008. Lebih lanjut dilakukan aplikasi untuk pemurnian biogas, proses ini menghasilkan bahwa zeolit zeochem dapat digunakan untuk menurunkan kadar CO₂ sebanyak 18,70 % sehingga kemurnian CH₄ meningkat sebanyak 30,4 %. Proses pemurnian biogas dilakukan karena didalam biogas masih terkandung unsur-unsur yang tidak bermanfaat untuk pembakaran khususnya H₂O, CO₂ dan H₂S dan senyawa lainnya. Pemurnian gas CO₂ didalam biogas dilakukan dengan teknik absorpsi menggunakan absorben berupa Ca(OH)₂ dan NaOH.

Biogas

Biogas atau gas bio merupakan salah satu jenis energi yang dapat dibuat dari banyak bahan buangan dan bahan sisa, semacam sampah, kotoran ternak, jerami, enceng gondok serta banyak bahan-bahan lainnya lagi. Segala jenis bahan yang dalam istilah kimia termasuk senyawa organik, entah berasal dari sisa dan kotoran hewan ataupun sisa tanaman, dapat dijadikan bahan biogas [5]. Biogas memiliki beberapa keunggulan dibandingkan bahan bakar fosil sehingga layak untuk dipertimbangkan sebagai pilihan energi bagi masyarakat. Sifatnya yang dapat diperbaharui dan ramah lingkungan merupakan keunggulan yang dimiliki biogas dibandingkan dengan bahan bakar fosil.

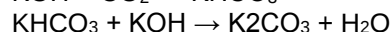
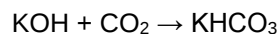
Kandungan biogas didominasi oleh gas metana (CH₄) kemudian disusul oleh karbondioksida. Dimana diketahui CO₂ merupakan sisa hasil dari suatu pembakaran maka akan mengganggu proses pembakaran itu sendiri, hal ini menyebabkan panas yang dihasilkan masih rendah sehingga kualitas nyala api biogas masih belum optimum. Oleh karena itu dibutuhkan usaha untuk menurunkan kadar CO₂ yang diharapkan dapat

meningkatkan kualitas dari biogas itu sendiri [6]. Adapun proses usaha untuk menurunkan kadar CO₂ salah satunya adalah proses absorpsi.

Absorpsi adalah pemisahan suatu gas tertentu dari campuran gas-gas dengan cara pemindahan massa ke dalam suatu *liquid*. Hal ini dilakukan dengan cara mengantarkan aliran gas dengan liquid yang mempunyai selektivitas pelarut yang berbeda dari gas yang akan dipisahkannya [7]. Untuk absorpsi kimia, transfer massa dilakukan dengan bantuan reaksi kimia. Suatu pelarut kimia yang berfungsi sebagai absorben akan bereaksi dengan gas asam (CO₂ dan H₂S) menjadi senyawa lain, sehingga gas alam yang dihasilkan sudah tidak lagi mengandung gas asam yang biasanya akan mencemari lingkungan apabila ikut terbakar.

Reaksi Larutan KOH dan CO₂

Fungsi dari Kristal KOH pada penelitian ini yaitu sebagai pengikat CO₂. Kristal KOH dapat mengikat CO₂ karena bersifat higroskopis. Reaksi antara KOH dengan CO₂, sebagai berikut:

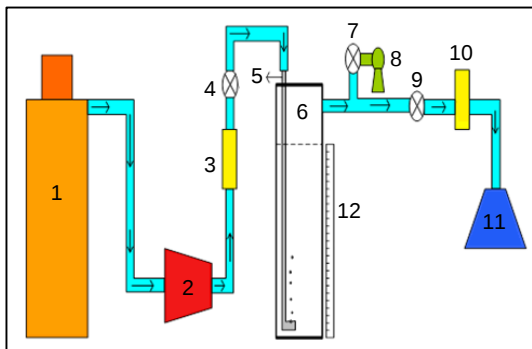


Absorpsi di atas merupakan reaksi yang terjadi secara kimia, dikarenakan terjadinya reaksi kimia secara langsung antara CO₂ dengan larutan KOH. Pada proses ini, kondisi pada fase gas serupa dengan absorpsi fisik. Tetapi pada fase cair, selain terdapat lapisan tipis cairan juga terdapat zona reaksi. Reaksi kimia yang terjadi adalah *irreversible*, dimana CO₂ pada fase gas akan diabsorpsi oleh larutan KOH pada fase cair. Pada saat gas mendekati interfase cair, gas CO₂ akan larut dan langsung bereaksi dengan larutan KOH.

METODE PENELITIAN

Perencanaan instalasi penelitian untuk purifikasi biogas ditampilkan pada Gambar 1. Alat ini bekerja untuk mengikat kotoran yang terdapat pada biogas yaitu salah satunya berupa CO₂ yang merupakan zat pengotor dan meningkatkan prosentase CH₄ yang terdapat pada biogas. Adapun instalasi penelitian untuk purifikasi biogas ini terdiri dari beberapa peralatan pendukung diantaranya terdapat

tabung gas yang digunakan untuk menampung gas seperti CO_2 , CH_4 murni dan biogas sebagai obyek yang diteliti. Alat pendukung lainnya adalah kompresor yang digunakan untuk membantu aliran gas sesuai dengan tekanan yang ditentukan dikarenakan untuk biogas tekanan yang dihasilkan kecil sehingga dapat membantu biogas mengalir melewati larutan KOH.



Keterangan:

- | | |
|-----------------------------|--------------------------|
| 1. Tabung biogas | 7. Katup |
| 2. Kompresor | 8. Vacuum pump |
| 3. Manometer grid | 9. Katup |
| 4. Katup | 10. Manometer grid |
| 5. Saluran pipa | 11. Gas bag |
| 6. Bejana untuk larutan KOH | 12. Alat ukur ketinggian |

Gambar 1. Instalasi penelitian untuk purifikasi biogas

Dalam instalasi penelitian ini dipasang *manometer grid* pada saluran pipa yang dialiri gas untuk mengetahui perbedaan ketinggian aliran gas yang melewati *manometer grid* ini guna didapatkan laju aliran gas. *Manometer grid* ini dipasang sebelum bejana (berisi larutan KOH) dan sesudah melewati bejana (larutan KOH). Sebelum gas melewati bejana tersebut pada saluran pipa juga dipasang katup (*valve*) untuk membuka dan menutup aliran gas yang akan masuk dalam bejana dan gas yang keluar dari bejana sebelum ditampung dalam *gas bag*. Pada saluran pipa ini juga dipasang pipa yang diberikan lubang-lubang sesuai diameter yang direncanakan untuk menghasilkan *gas bubble generator* yang ditempatkan didalam bejana (larutan KOH).

Peralatan penunjang lainnya pada instalasi ini adalah bejana sebagai tempat campuran antara KOH dan H_2O (aquades) sesuai dengan konsentrasi yang ditentukan dalam pengujian. Untuk mengukur ketinggian

Larutan KOH maka dipasang alat ukur ketinggian pada bejana sesuai dengan tinggi larutan yang direncanakan. Pada bejana yang telah diisi dengan larutan KOH sesuai dengan tinggi larutan masih tersisa ruang kosong yang masih terdapat udara dan kondisinya harus vakum. Untuk itu perlu divakumkan dengan menggunakan *vacuum pump*. Hasil dari pengujian gas yang telah melewati saluran keluar ditampung dalam *gas bag*. Gas dalam *gas bag* ini dilakukan pengujian kandungan yang terdapat dalam gas tersebut dengan menggunakan *gas chromatography*.

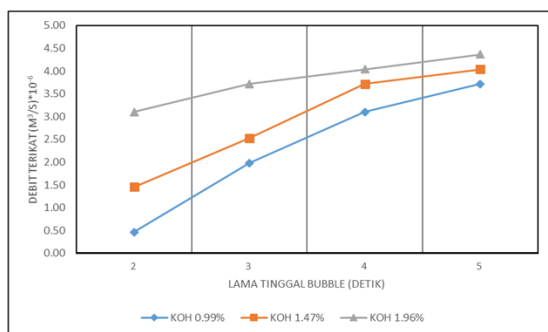
Untuk mendapatkan data penelitian menggunakan gas CO_2 , CH_4 murni dan biogas maka langkah-langkah yang dilakukan adalah dengan mempersiapkan semua peralatan yang diperlukan. Selanjutnya mencampur larutan kimia antara KOH + H_2O (aquades) sesuai dengan kadar yang diinginkan dan sesuai dengan tinggi larutan yang ditentukan dengan melihat alat ukur ketinggian yang dipasang dalam bejana tersebut. Larutan yang sudah tercampur dimasukkan di wadah penampung larutan (bejana). Pipa dengan lubang-lubang untuk mendapatkan *bubble generator* dari aliran gas dimasukkan pada bejana yang berisi larutan KOH. Penutup bejana dipasang dengan memberikan seal agar tidak terjadi kebocoran saat pengujian dan pasang *vacuum pump* pada saluran keluar, kemudian *vacuum pump* diaktifkan untuk membuat kondisi diatas larutan KOH yang tersisa pada kondisi *vacuum* sebelum dilakukan pemasukan gas yang direncanakan. Selanjutnya kondisi gas dalam tabung gas dan kompresor dipastikan sudah terisi dan tekanan yang dikeluarkan stabil.

Langkah berikutnya katup (*valve*) dibuka untuk gas yang sudah direncanakan pada kecepatan aliran tertentu. Gas yang mengalir dapat dilihat perbedaan ketinggian pada alat ukur *manometer grid* yang dipasang sebelum masuk dalam bejana (larutan KOH) dan sesudah melewati bejana (larutan KOH). Kemudian gas yang sudah keluar ditampung dalam *gas bag*. Gas yang berada dalam *gas bag* diuji dengan alat *gas chromatography* untuk mengetahui prosentasi kandungan gas sebelum melewati larutan KOH dan setelah melewati larutan KOH. Prosedur yang sama dilakukan menggunakan beberapa gas (CO_2 murni, CH_4 murni dan biogas) dengan variable yang ditentukan diantaranya

penggunaan variasi konsentrasi KOH yaitu KOH 0,99%, 1,47%, dan 1,96% dan variasi lubang pada *bubble* generator yang digunakan dengan diameter 1 mm; 0,8 mm; 0,5 mm. Data yang sudah dihasilkan setelah itu menghubungkan semua data dengan rumus dan membuat grafik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan lama tinggal *bubble* terhadap debit terikat CO₂ murni dan CH₄ murni pada variasi konsentrasi KOH



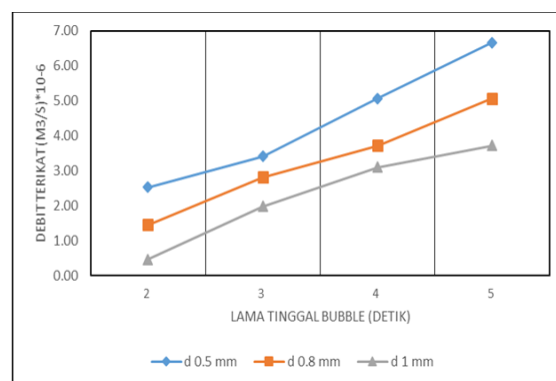
Gambar 2. Grafik hubungan lama tinggal bubble terhadap debit terikat CO₂ pada variasi konsentrasi KOH

Dari Gambar 2 diatas didapatkan hasil perhitungan untuk mendapatkan debit terikat untuk masing-masing variasi konsentrasi KOH terhadap lama tinggal *bubble*. Dapat diketahui untuk konsentrasi KOH 0.99% dan lama tinggal *bubble* 2 detik, debit terikat yang dihasilkan sebesar 0.47×10^6 m³/s. Sedangkan untuk lama tinggal *bubble* 3 detik, debit terikat yang dihasilkan sebesar 1.98×10^6 m³/s. Untuk lama tinggal *bubble* 4 detik, debit terikatnya yang dihasilkan sebesar 3.11×10^6 m³/s. Untuk lama tinggal *bubble* 5 detik, debit terikatnya yang dihasilkan sebesar 3.72×10^6 m³/s.

Untuk konsentrasi KOH 1.47% dan 1.96% dari grafik diatas, dapat diketahui juga untuk debit terikatnya semakin meningkat terhadap lama tinggal *bubble*. Oleh karena itu untuk proses penyerapan CO₂ pada larutan KOH dapat diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi KOH maka semakin besar debit terikat yang dihasilkan. Begitu juga semakin lama tinggal *bubble* maka semakin besar juga debit terikat yang dihasilkan. Dalam penelitian ini diketahui bahwa konsentrasi KOH 1.96 % dan lama tinggal *bubble* 5 detik proses

penyerapan CO₂ murni oleh larutan KOH lebih baik, hal ini dapat diketahui debit terikat yang dihasilkan paling tinggi yaitu sebesar 4.37×10^{-6} m³/s.

Dari hasil pengambilan data untuk hubungan lama tinggal *bubble* terhadap debit terikat CH₄ murni pada variasi konsentrasi KOH bahwa untuk kecepatan aliran gas CH₄ murni pada saat masuk dan keluar besarnya sama maka dapat diketahui debit masuk dan debit keluar mempunyai besaran yang sama pula, sehingga dapat diketahui debit terikat gas CH₄ murni dari proses pengurangan antara debit masuk dikurangi debit keluar dari gas CH₄ murni sebesar 0 m³/s. Hal ini dapat diketahui bahwa tidak terjadi proses penyerapan gas CH₄ didalam larutan KOH.



Gambar 3. Grafik hubungan lama tinggal bubble terhadap debit terikat CO₂ pada variasi lubang *bubble* generator

Hubungan lama tinggal *bubble* terhadap debit terikat CO₂ murni pada variasi lubang *bubble* generator ditampilkan pada Gambar 3. Dalam penelitian ini untuk dapat diketahui untuk lubang *bubble* generator 0.5 mm dan lama tinggal *bubble* 5 detik, debit terikat yang dihasilkan sebesar 13.20×10^{-6} m³/s. Sedangkan untuk lama tinggal *bubble* 4 detik, debit terikat yang dihasilkan sebesar 10.03×10^{-6} m³/s. Untuk lama tinggal *bubble* 3 detik, debit terikatnya yang dihasilkan sebesar 6.75×10^{-6} m³/s. Untuk lama tinggal *bubble* 2 detik, debit terikatnya yang dihasilkan sebesar 5.01×10^{-6} m³/s. Untuk lubang *bubble* generator 0.8 mm dan 1 mm dari grafik diatas, dapat diketahui juga untuk debit terikatnya semakin meningkat terhadap lama tinggal *bubble*.

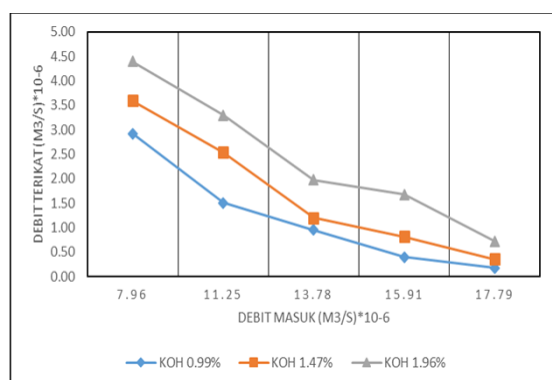
Oleh karena itu untuk proses penyerapan CO₂ pada larutan KOH dapat diketahui bahwa

semakin kecil diameter lubang *bubble generator* maka semakin besar debit terikat yang dihasilkan. Begitu juga semakin lama tinggal *bubble* maka semakin besar juga debit terikat yang dihasilkan. Dalam penelitian ini diketahui bahwa lubang *bubble generator* untuk $d = 0.5$ mm dan lama tinggal *bubble* 5 detik proses penyerapan CO_2 murni oleh larutan KOH lebih baik, hal ini dapat diketahui debit terikat yang dihasilkan paling tinggi yaitu sebesar $13.20 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$.

Dari hasil pengambilan data untuk Hubungan lama tinggal *bubble* terhadap debit terikat CH_4 murni pada variasi lubang *bubble generator* bahwa untuk kecepatan aliran gas CH_4 murni pada saat masuk dan keluar besarnya sama maka debit terikat gas CH_4 murni dari proses pengurangan antara debit masuk dikurangi debit keluar dari gas CH_4 murni sebesar $0 \text{ m}^3/\text{s}$. Hal ini dapat diketahui bahwa tidak terjadi proses penyerapan gas CH_4 didalam larutan KOH.

Hubungan debit masuk terhadap debit terikat CO_2 murni pada variasi konsentrasi KOH

Dalam penelitian ini untuk mengetahui salah satu performansi dari proses penyerapan CO_2 dalam larutan KOH adalah dengan mengetahui variasi debit masuk dengan variasi KOH 0.99%, KOH 1.47% dan KOH 1.96% terhadap diameter lubang *bubble generator* yang digunakan ($d = 1$ mm) dan tinggi larutan KOH diantaranya 1.2 m. Hubungan debit masuk terhadap debit terikat CO_2 murni pada variasi konsentrasi KOH ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik hubungan debit masuk terhadap debit terikat CO_2 murni pada variasi konsentrasi KOH

Dapat diketahui untuk konsentrasi KOH 0.99% dan debit masuk $7.96 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$, debit terikat yang dihasilkan sebesar $2.92 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$. Sedangkan untuk debit masuk $11.25 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$, debit terikat yang dihasilkan sebesar $1.51 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$. Untuk debit masuk $13.78 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$, debit terikatnya yang dihasilkan sebesar $0.95 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$. Untuk debit masuk $15.91 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$, debit terikatnya yang dihasilkan sebesar $0.40 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$. Untuk debit masuk $17.79 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$, debit terikatnya yang dihasilkan sebesar $0.18 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$.

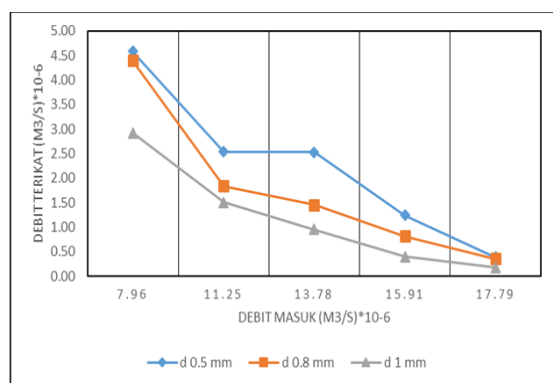
Untuk konsentrasi KOH 1.47% dan 1.96% dari grafik diatas, dapat diketahui juga untuk debit masuk semakin besar maka debit terikatnya semakin kecil. Oleh karena itu untuk proses penyerapan CO_2 pada larutan KOH dapat diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi KOH maka semakin besar debit terikat yang dihasilkan. Begitu juga semakin tinggi debit masuk maka semakin kecil debit terikat yang dihasilkan. Dalam penelitian ini diketahui bahwa konsentrasi KOH 1.96 % dan debit masuk $7.96 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ proses penyerapan CO_2 murni oleh larutan KOH lebih baik, hal ini dapat diketahui debit terikat yang dihasilkan paling tinggi yaitu sebesar $4.40 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$.

Sedangkan untuk penelitian pada CH_4 murni pada variasi debit masuk bahwa untuk kecepatan aliran gas CH_4 murni pada saat masuk dan keluar besarnya sama maka dapat diketahui debit masuk dan debit keluar mempunyai besaran yang sama pula, sehingga dapat diketahui debit terikat gas CH_4 murni dari proses pengurangan antara Debit masuk dikurangi debit keluar dari gas CH_4 murni sebesar $0 \text{ m}^3/\text{h}$. Hal ini dapat diketahui bahwa tidak terjadi proses penyerapan gas CH_4 didalam larutan KOH.

Hubungan debit masuk terhadap prosentase debit terikat CO_2 murni pada variasi bubble generator

Dalam penelitian ini untuk mengetahui performansi dari proses penyerapan CO_2 dalam larutan KOH adalah dengan mengetahui variasi debit masuk terhadap diameter lubang *bubble generator* $d = 0.5$ mm, $d = 0.8$ mm, $d = 1$ mm dan konsentrasi larutan KOH 0.99% dan tinggi larutan KOH diantaranya 1.2 m. Dari grafik pada Gambar 5 dapat diketahui untuk lubang *bubble generator* $d = 0.5$ mm, debit masuk $7.96 \times$

10^{-6} m³/s, debit terikat yang dihasilkan sebesar 4.58×10^{-6} m³/s. Sedangkan untuk debit masuk 11.25×10^{-6} m³/s, debit terikat yang dihasilkan sebesar 2.54×10^{-6} m³/s. Untuk debit masuk 13.78×10^{-6} m³/s, debit terikatnya yang dihasilkan sebesar 2.53×10^{-6} m³/s. Untuk debit masuk 15.91×10^{-6} m³/s, debit terikatnya yang dihasilkan sebesar 1.24×10^{-6} m³/s. Untuk debit masuk 17.79×10^{-6} m³/s, debit terikatnya yang dihasilkan sebesar 0.40×10^{-6} m³/s.



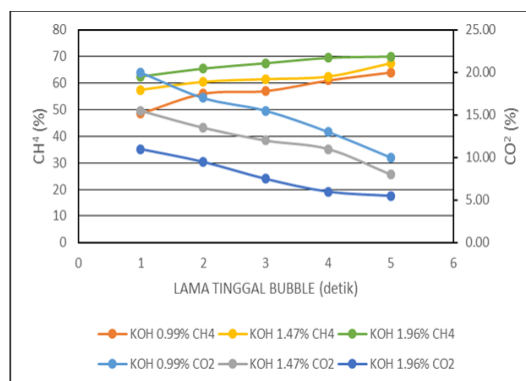
Gambar 5. Grafik hubungan debit masuk terhadap debit terikat CO₂ murni pada variasi lubang *bubble generator*

Untuk lubang *bubble generator* d 0.8 mm dan d 1 mm dari grafik diatas, dapat diketahui juga untuk debit masuk semakin besar maka debit terikatnya semakin kecil. Oleh karena itu untuk proses penyerapan CO₂ pada larutan KOH dapat diketahui bahwa semakin kecil diameter lubang *bubble generator* maka semakin besar debit terikat yang dihasilkan. Begitu juga semakin tinggi debit masuk maka semakin kecil debit terikat yang dihasilkan. Dalam penelitian ini diketahui bahwa lubang *bubble generator* d 0.5 mm dan debit masuk 7.96×10^{-6} m³/s proses penyerapan CO₂ murni oleh larutan KOH lebih baik, hal ini dapat diketahui debit terikat yang dihasilkan paling tinggi yaitu sebesar 4.58×10^{-6} m³/s.

Hubungan lama tinggal bubble terhadap prosentase CO₂ dan CH₄ pada biogas dengan variasi konsentrasi KOH

Dari grafik pada Gambar 6 diketahui untuk konsentrasi KOH 0.99% dan lama tinggal *bubble* 1 detik, prosentase CO₂ yang dihasilkan sebesar 20% dan CH₄ yang dihasilkan sebesar 48.5%. Sedangkan untuk lama tinggal *bubble* 2 detik, prosentase CO₂ yang dihasilkan sebesar

17% dan CH₄ 56%. Untuk lama tinggal *bubble* 3 detik, prosentase CO₂ yang dihasilkan sebesar 15.5% dan CH₄ 57%. Untuk lama tinggal *bubble* 4 detik, prosentase CO₂ yang dihasilkan sebesar 13% dan CH₄ 61%. Untuk lama tinggal *bubble* 5 detik, prosentase CO₂ yang dihasilkan sebesar 10% dan CH₄ 64%.



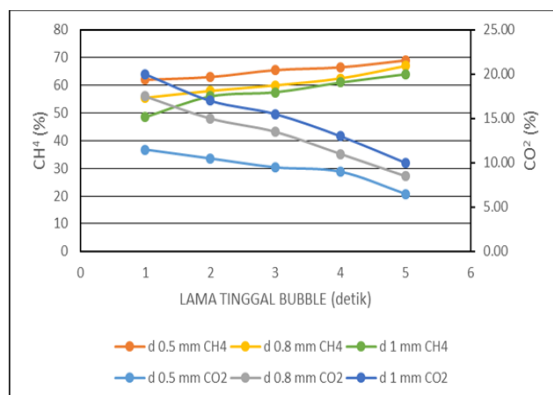
Gambar 6. Grafik hubungan lama tinggal bubble terhadap prosentase CO₂ dan CH₄ pada biogas dengan variasi konsentrasi KOH

Untuk konsentrasi KOH 1.47% dan 1.96% dari grafik diatas, dapat diketahui juga semakin lama tinggal *bubble* prosentase CO₂ yang dihasilkan semakin kecil dan semakin tinggi larutan prosentase CH₄ semakin meningkat. Oleh karena itu prosentase CO₂ dalam biogas setelah dilakukan pengujian untuk variasi konsentrasi KOH, semakin tinggi konsentrasi KOH maka prosentase CO₂ semakin kecil sedangkan untuk prosentase CH₄ semakin meningkat. Dalam penelitian ini diketahui bahwa konsentrasi KOH 1.96 % dan lama tinggal *bubble* 5 detik didapatkan hasil yang lebih baik, hal ini didapatkan prosentase CO₂ paling kecil adalah 5.5% dan untuk prosentase CH₄ paling besar adalah 70 %.

Hubungan lama tinggal bubble terhadap prosentase CO₂ dan CH₄ pada biogas dengan variasi lubang bubble generator

Dari grafik pada Gambar 7 didapatkan bahwa untuk diameter lubang *bubble generator* 0.5 mm dan lama tinggal *bubble* 1 detik, prosentase CO₂ yang dihasilkan sebesar 11.5% dan CH₄ 62%. Sedangkan untuk lama tinggal *bubble* 2 detik, prosentase CO₂ yang dihasilkan sebesar 10.5% dan CH₄ 63%. Untuk lama tinggal *bubble* 3 detik, prosentase CO₂ yang dihasilkan sebesar 9.5% dan CH₄ 65.5%.

Untuk lama tinggal *bubble* 4 detik, prosentase CO_2 yang dihasilkan sebesar 9% dan CH_4 66.5%. Serta untuk lama tinggal *bubble* 5 detik, prosentase CO_2 yang dihasilkan sebesar 6.5% dan CH_4 69%.



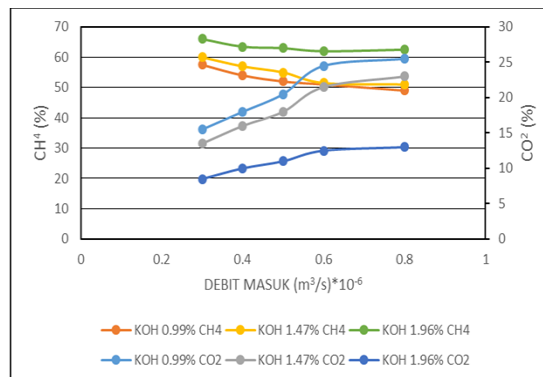
Gambar 7. Grafik hubungan lama tinggal *bubble* terhadap prosentase CO_2 dan CH_4 pada biogas dengan variasi lubang *bubble* generator

Untuk lubang *bubble* generator d 0.8 mm dan d 1 mm dari grafik diatas, dapat diketahui juga semakin lama tinggal *bubble* prosentase CO_2 yang dihasilkan semakin kecil dan semakin lama tinggal *bubble* prosentase CH_4 semakin meningkat. Oleh karena itu prosentase CO_2 dalam biogas setelah dilakukan pengujian untuk variasi lubang *bubble* generator, semakin kecil diameter lubang *bubble* generator maka prosentase CO_2 semakin kecil sedangkan untuk prosentase CH_4 semakin meningkat. Dalam penelitian ini diketahui bahwa diameter lubang *bubble* generator 0.5 mm dan lama tinggal *bubble* 5 detik didapatkan hasil yang lebih baik, hal ini didapatkan prosentase CO_2 paling kecil adalah 6.5% dan untuk prosentase CH_4 paling besar adalah 69 %.

Hubungan debit masuk terhadap prosentase CO_2 dan CH_4 pada biogas dengan variasi konsentrasi KOH

Dari grafik pada Gambar 8 diketahui untuk variasi konsentrasi KOH 0.99% dan debit masuk 0.3 m^3/s , prosentase CO_2 yang dihasilkan sebesar 15.5% dan CH_4 57.5%. Sedangkan untuk debit masuk 0.4 m^3/s , prosentase CO_2 yang dihasilkan sebesar 18% dan CH_4 54%. Untuk debit masuk 0.5 m^3/s , prosentase CO_2 yang dihasilkan sebesar 20.5%

dan CH_4 52.5%. Untuk debit masuk 0.6 m^3/s , prosentase CO_2 yang dihasilkan sebesar 24.5% dan CH_4 51%. Untuk debit masuk 0.8 m^3/s , prosentase CO_2 yang dihasilkan sebesar 25.5% dan CH_4 49%.

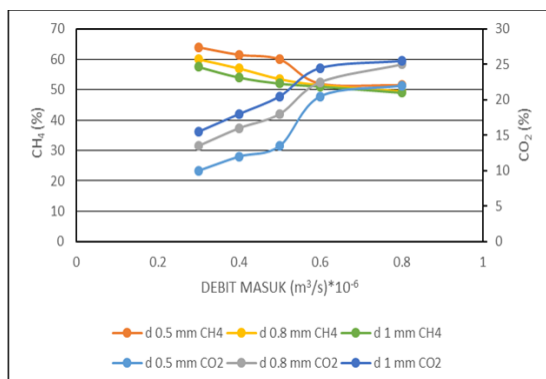


Gambar 8. Grafik hubungan debit masuk terhadap prosentase CO_2 dan CH_4 pada biogas dengan variasi konsentrasi KOH

Untuk variasi konsentrasi KOH 1.47% dan KOH 1.96% dari grafik diatas, dapat diketahui juga semakin tinggi debit masuk maka prosentase CO_2 yang dihasilkan semakin besar dan semakin tinggi debit masuk maka prosentase CH_4 semakin kecil. Dalam penelitian ini diketahui bahwa variasi konsentrasi KOH 1.96% dan debit masuk 0.3 m^3/s didapatkan hasil yang lebih baik, hal ini didapatkan prosentase CO_2 paling kecil adalah 8.5% dan untuk prosentase CH_4 paling besar adalah 66 %.

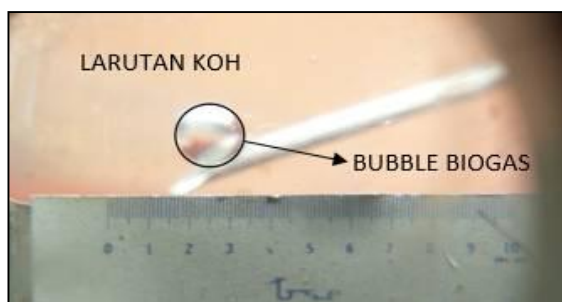
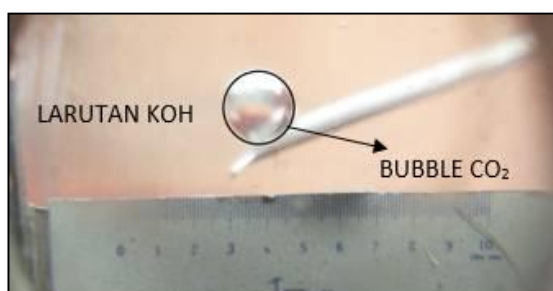
Hubungan debit masuk terhadap prosentase CO_2 dan CH_4 pada biogas dengan variasi lubang *bubble* generator

Dari Gambar 9 diketahui untuk diameter lubang *bubble* generator 0.5 mm dan debit masuk 0.3 m^3/s , prosentase CO_2 yang dihasilkan sebesar 10% dan CH_4 yang dihasilkan sebesar 64%. Sedangkan untuk debit masuk 0.4 m^3/s , prosentase CO_2 yang dihasilkan sebesar 12% dan CH_4 61.5%. Untuk debit masuk 0.5 m^3/s , prosentase CO_2 yang dihasilkan sebesar 13.5% dan CH_4 60%. Untuk debit masuk 0.6 m^3/s , prosentase CO_2 yang dihasilkan sebesar 20.5% dan CH_4 52%. Serta untuk debit masuk 0.8 m^3/s , prosentase CO_2 yang dihasilkan sebesar 22% dan CH_4 51.5%.



Gambar 9. Grafik hubungan debit masuk terhadap prosentase CO₂ dan CH₄ pada biogas dengan variasi lubang *bubble generator*

Untuk lubang *bubble generator* d 0.8 mm dan d 1 mm dari grafik diatas, dapat diketahui juga semakin tinggi debit masuk maka prosentase CO₂ yang dihasilkan semakin besar dan semakin tinggi debit masuk maka prosentase CH₄ semakin kecil. Dalam penelitian ini diketahui bahwa diameter lubang *bubble generator* 0.5 mm dan debit masuk 0.3 m³/s didapatkan hasil yang lebih baik, hal ini didapatkan prosentase CO₂ paling kecil adalah 10% dan untuk prosentase CH₄ paling besar adalah 64 %.



Gambar 10. Bubble tertahan pada larutan KOH

Performansi purifikasi biogas dengan KOH *based absorbent* juga dapat diketahui dengan melihat lama tinggal *bubble* pada larutan KOH terhadap tinggi larutan, untuk tinggi larutan 1.2 m, lama tinggal *bubble* selama 5 detik, untuk tinggi larutan 1 m, lama tinggal *bubble* selama 4 detik, untuk tinggi larutan 0.8 m, lama tinggal *bubble* selama 3 detik dan untuk tinggi larutan 0.6 m, lama tinggal *bubble* selama 2 detik. Selain itu, lama *bubble* tertahan pada pengujian menggunakan CO₂ murni adalah 21.38 menit, sedangkan untuk CH₄ murni lama *bubble* tertahan adalah 0 detik, dan untuk biogas lama *bubble* tertahan adalah 10.38 menit. Bentuk *bubble* yang tertahan pada larutan KOH bisa dilihat pada Gambar 10.

KESIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian dapat ditarik kesimpulan:

1. Semakin tinggi konsentrasi KOH dan lama tinggal *bubble* maka semakin besar prosentase debit terikat yang dihasilkan pada proses penyerapan CO₂ murni dan untuk biogas komposisi kandungan CO₂ mengalami pengurangan sedangkan CH₄ mengalami peningkatan.
2. Semakin kecil diameter lubang *bubble generator* dan lama tinggal *bubble* maka semakin besar prosentase debit terikat yang dihasilkan pada proses penyerapan CO₂ murni dan untuk biogas komposisi kandungan CO₂ mengalami pengurangan sedangkan CH₄ mengalami peningkatan.
3. Semakin kecil debit masuk terhadap konsentrasi KOH dan tinggi larutan maka semakin besar prosentase debit terikat yang dihasilkan pada proses penyerapan CO₂ murni dan untuk biogas komposisi kandungan CO₂ mengalami pengurangan sedangkan CH₄ mengalami peningkatan.
4. Hasil pengujian yang dilakukan didapatkan rata-rata prosentase kandungan CO₂ pada biogas semakin berkurang sebesar 27% dari 35.5%, sedangkan rata-rata prosentase kandungan CH₄ pada biogas mengalami peningkatan sebesar 18% dari 48.5%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Price, E.C & Cheremisinoff, P. N, 1981, *Biogas Production and Utilization*, Ann

- Arbor Science Publishers Inc, United States of America.
- [2] Ryckebosch E., Drouillon M., Vervaeren H., 2011. *Techniques for transformation of biogas to biomethane*, *Biomass and Bioenergy*, 35, 1633-164.
- [3] Fuad Maarif, Januar Arif F, 2009. Absorpsi Gas Karbondioksida (CO₂) dalam Biogas dengan Larutan NaOH secara Kontinyu, Universitas Diponegoro Semarang. (Unpublished).
- [4] Eny Apriyanti, 2012. *Adsorpsi CO₂ menggunakan zeolit : aplikasi pada pemurnian biogas*, *Jurnal Dinamika Sains* ISSN: 1412-8489, Vol 10, No 22, Universitas Pandanaran, Semarang.
- [5] Suriawiria dan Unus, H., 2002. Menuai Biogas dari Limbah <http://www.pikiran-rakyat.com/squirrelmail>
- [6] Purnomo, J. 2009. *Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Biogas*, Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- [7] Sofian, Amat, 2008, *Peningkatan kualitas biogas sebagai bahan bakar motor bakar dengan cara pengurangan kadar CO₂ dalam biogas dengan menggunakan sulury Ca(OH)₂*. Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.