

## VARIASI LAJU ALIRAN BIOGAS PADA SISTEM PEMBILASAN MENGGUNAKAN CAMPURAN NaOH DAN H<sub>2</sub>O UNTUK PEMURNIAN BIOGAS DARI PENGOTOR CO<sub>2</sub>

I Nyoman Suprpta Winaya\*, Pande Made Kerta Wibawa, I Gusti Nguruh Putu Tenaya  
Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, 80361 Bali Telp/Fax: 0361703321  
\*E-mail: ins.winaya@me.unud.ac.id, nswinaya@gmail.com

---

### Abstrak

Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat dan dengan semakin menipisnya cadangan minyak nasional, maka kebutuhan akan sumber energi yang terbarukan menjadi pertimbangan yang sangat penting. Biogas adalah salah satu sumber energi terbarukan dari bahan organik akibat reaksi bakteri anaerob. Upaya untuk memurnikan kandungan metana (CH<sub>4</sub>) pada biogas merupakan salah satu pertimbangan yang sangat penting karena dapat mempengaruhi nilai kalor dalam proses pembakaran. Dalam biogas, kandungan yang cukup tinggi yang mempengaruhi kemurnian CH<sub>4</sub> adalah CO<sub>2</sub>. Adanya kandungan CO<sub>2</sub> sangat tidak dikehendaki karena disamping mengganggu proses pembakaran dapat juga menimbulkan gas emisi yang tidak ramah lingkungan. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan CO<sub>2</sub> yang bisa diserap dari biogas serta efisiensi kelembaban biogas setelah mengalami proses pembilasan.

Dalam pemisahan CO<sub>2</sub> dari biogas ada beberapa teknologi yang dapat dikembangkan, yaitu : absorpsi pada zat cair, absorpsi pada permukaan zat padat, absorpsi secara kriogenik, dan absorpsi dengan membran. Dari keempat cara absorpsi CO<sub>2</sub> tersebut, absorpsi menggunakan zat cair merupakan metode absorpsi yang paling mudah dan efisien. Penelitian ini menggunakan sistem pembilasan dengan menggunakan NaOH yang dilarutkan di dalam air. Pengujian dilakukan pada unit pembilasan dalam skala laboratorium dimana larutan NaOH dialirkan dalam bentuk kabut secara konstan dari atas tabung sedangkan biogas akan dialirkan dari bawah tabung dengan variasi laju aliran biogas adalah 0.03, 0.04, 0.05, 0.06 dan 0.07 liter/detik. Data yang diamati adalah kandungan CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O dan temperatur biogas setelah proses pembilasan. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh CO<sub>2</sub> terabsorpsi paling tinggi pada laju aliran 0.07 liter/detik dengan menghasilkan CH<sub>4</sub> paling tinggi yaitu 96.8 %. Efisiensi kelembaban juga diamati dimana terjadi peningkatan sebesar 10 % pada laju aliran 0.06 liter/detik. Hal ini menunjukkan bahwa CO<sub>2</sub> mampu terabsorpsi dengan baik pada larutan NaOH, dimana reaksi absorpsinya :  $2\text{NaOH}_{(l)} + \text{CO}_{2(g)} \rightarrow \text{Na}_2\text{HCO}_{3(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(aq)}$ , sehingga unsur CO<sub>2</sub> pada biogas akan berkurang yang menyebabkan komposisi CH<sub>4</sub> akan meningkat karena  $\text{NaOH}_{(l)} + \text{CH}_{4(g)}$  tidak akan bereaksi karena CH<sub>4</sub> dalam kondisi stabil. Sementara kandungan H<sub>2</sub>O akan dipengaruhi oleh laju aliran biogas, karena semakin lambat laju aliran maka H<sub>2</sub>O akan semakin banyak terkandung dalam biogas, reaksi  $\text{H}_2\text{O}_{(aq)} + \text{NaOH}_{(l)} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^- + \text{H}_2\text{O}_{(aq)}$ .

**Kata Kunci** : Sistem pembilasan, absorpsi CO<sub>2</sub>, laju aliran biogas, kandungan CH<sub>4</sub>, efisiensi kelembaban

## Pendahuluan

Biogas adalah salah satu sumber energi alternatif dari bahan organik, ini dikarenakan biogas merupakan hasil dari proses biologis yang terjadi didalam degister. Biogas mengandung beberapa gas seperti metana ( $\text{CH}_4$ ), karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ), uap air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) serta gas yang lainnya. Kemurnian  $\text{CH}_4$  dari biogas merupakan salah satu pertimbangan yang sangat penting, karena tinggi rendahnya kandungan  $\text{CH}_4$  akan mempengaruhi nilai kalor dalam proses pembakaran. Dalam biogas, kandungan yang cukup tinggi yang mempengaruhi kemurnian  $\text{CH}_4$  adalah  $\text{CO}_2$ .

Dalam pemisahan  $\text{CO}_2$  dari biogas ada beberapa teknologi yang dapat dikembangkan, yaitu : absorpsi pada zat cair, absorpsi pada permukaan zat padat, absorpsi secara kriogenik, dan absorpsi dengan membran. Pembilasan dengan air adalah teknologi yang paling umum digunakan untuk pemurnian biogas, karena air sangat mudah diperoleh walupun dalam kapasitas yang besar. Pembilasan dengan air dimana laju aliran air secara kontinu mampu menyerap kandungan  $\text{CO}_2$  mencapai 30% (Kapdi dkk., 2004). Disamping menggunakan air sebagai absorben, ada juga larutan yang lebih baik dalam penyerapan  $\text{CO}_2$ . Larutan natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) merupakan larutan yang sangat baik dalam pengikatan  $\text{CO}_2$ . Pada penelitian sebelumnya (Maarif dkk., 2009) Absorpsi  $\text{CO}_2$  dilakukan dengan mengumpukan larutan  $\text{NaOH}$  pada bagian atas menara pada konsentrasi dan laju alir tertentu, sementara biogas dialirkan pada bagian bawah menara. Absorpsi  $\text{CO}_2$  dari biogas menggunakan larutan kimia  $\text{NaOH}$  dengan memvariasikan tekanan pada tabung absorpsi,  $\text{CO}_2$  yang mampu terserap cukup tinggi sehingga dari proses absorpsi, biogas bisa digunakan sebagai bahan bakar generator listrik. dimana dalam penelitiannya tabung absorpsi ditambah dengan sekat – sekat (Kismurtono, 2011).

Berdasarkan hal tersebut diatas maka perlu diadakan kajian terhadap variasi laju

aliran masuk biogas pada campuran  $\text{NaOH}$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  untuk menyerap  $\text{CO}_2$ .

## Dasar teori

Biogas didefinisikan sebagai campuran gas yang mudah terbakar yang dihasilkan oleh fermentasi anaerobik biomassa oleh bakteri dan hanya membutuhkan waktu yang relatif singkat untuk membentuk gas. Biogas memiliki kandungan utama metana yang mudah terbakar ( $\text{CH}_4$ ) dan juga mengandung unsur yang tidak mudah terbakar seperti karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) serta beberapa polutan lainnya dalam jumlah kecil.

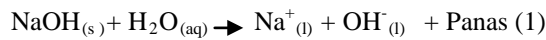
Komposisi biogas yang dihasilkan sangat tergantung pada jenis bahan baku yang digunakan. Komposisi biogas yang utama adalah gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dan gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dengan sedikit hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Komponen lainnya yang ditemukan dalam kisaran konsentrasi kecil (*trace element*) antara lain gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ), gas nitrogen ( $\text{N}_2$ ), gas karbon monoksida ( $\text{CO}$ ) dan gas oksigen ( $\text{O}_2$ ). Komposisi biogas bervariasi tergantung dengan asal proses anaerobik yang terjadi. Gas landfill memiliki konsentrasi metana sekitar 50%, sedangkan sistem pengolahan limbah maju dapat menghasilkan biogas dengan 55-75%  $\text{CH}_4$ .

Permasalahan yang muncul ketika biogas baru diproduksi adalah komposisi biogas itu sendiri karena biogas mengandung beberapa gas lain yang tidak menguntungkan. Untuk mendapatkan hasil pembakaran yang optimal perlu dilakukan proses pemurnian atau penyaringan. Beberapa gas yang tidak menguntungkan antara lain  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ .

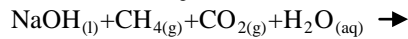
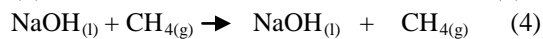
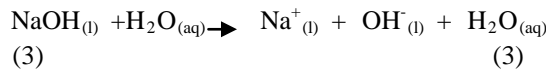
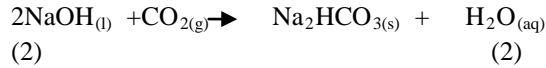
Adsorpsi secara umum adalah proses pengumpulan substansi terlarut yang ada dalam larutan oleh permukaan zat atau benda penyerap dimana terjadi suatu ikatan kimia fisik antara substansi dengan zat penyerap. Absorpsi  $\text{CO}_2$  pada suatu senyawa merupakan proses penyerapan kandungan  $\text{CO}_2$  pada senyawa tersebut. Dimana dalam hal ini digunakan absorber campuran  $\text{NaOH}$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ .

Reaksi terbentuknya absorber dan proses absorpsi dapat dirumuskan sebagai berikut :

Reaksi terbentuknya absorber (larutan NaOH) :



Reaksi proses absorpsi pada larutan NaOH :



$\text{CH}_4$  tidak akan bereaksi dengan NaOH karena  $\text{CH}_4$  sudah dalam kondisi stabil.

Setelah mengalami proses pembilasan, biogas yang kandungan  $\text{CO}_2$ nya sudah terabsorpsi akan memiliki kelembaban yang berbeda. Untuk menentukan efisiensi kelembaban itu dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$\mu_h = (t_1 - t_2) / (t_1 - t_w) 100\% \quad (6)$$

Dimana :

$\mu_h$  = Efisiensi kelembaban dari sistem pembilasan (%)

$t_1$  = Temperatur bola kering pada saluran biogas masuk ( $^{\circ}\text{C}$ )

$t_2$  = Temperatur bola kering pada saluran biogas keluar ( $^{\circ}\text{C}$ )

$t_w$  = Temperatur bola basah pada saluran biogas masuk ( $^{\circ}\text{C}$ )

## Metode Penelitian

### Variabel Penelitian

Variabel bebas Laju aliran biogas : 0.03 l/det, 0.04 l/det, 0.05 l/det, 0.06 l/det, 0.07 l/det

Variable terikat Dalam penelitian ini variable terikatnya adalah kandungan  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  dan efisiensi kelembaban biogas

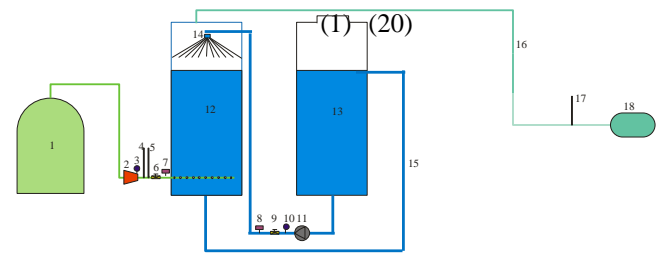
### Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian antara lain : Penampung biogas (Plastik polyteline), Kompresor Pengukur tekanan, Termometer, Katup, *Flow meter*, Pompa, Tabung absorber, Tabung sikulasi NaOH, Spuyer, Selang, Pipa 1/2 inchi dan Gas *analyser* (GC-MS)

### Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian antara lain : Biogas, Aquades ( $\text{H}_2\text{O}$ ) dan NaOH *powder*

### Instalasi Penelitian



**Gambar 1. Skema Instalasi Alat Percobaan**

Keterangan :

- 1 : Penampung biogas (Plastik polyteline)
- 6 dan 9 : Katup
- 4 dan 17 : Termometer bola kering
- 5 : Termometer bola basah
- 3 dan 10 : Pengukur tekanan
- 12 : Tabung absorpsi
- 13 : Tabung sirkulasi larutan NaOH
- 11 : Pompa
- 7 dan 8 : *Flow meter*
- 14 : Spuyer
- 15 : Pipa PVC
- 16 : Selang
- 18 : Penampung sampel biogas (Plastik polyteline)

### Metode Pengambilan Data

Larutan NaOH 1 M akan dialirkan untuk proses pembilasan pada biogas. Kemudian pengujian berikutnya dengan memvariasikan laju aliran biogas dari 0.03 l/det, 0.04 l/det, 0.05 l/det, 0.06 l/det, 0.07 l/det.

Urutan pelaksanaan pengambilan data adalah sebagai berikut :

Persiapkan biogas yang akan diuji serta membuat rancangan alat pengujian. Pilih bahan bahan – bahan dari alat uji dan lakukan proses pembuaan alat uji. Setelah alat uji selesai maka lakukan proses pengujian mulai dari : Memasang selang masuk kompresor pada keluaran penampung biogas untuk mengalirkan biogas ke dalam plastik polyteline untuk mengetahui kandungan awal biogas dan uji kandungan biogas pada gas *analyser*, ulangi langkah tersebut sebanyak 3 kali. Catat data pada table 1. Proses selanjutnya untuk biogas

yang mengalir proses pembilasan adalah mulai katup pada saluran pompa dan selanjutnya hidupan pompa agar terjadi sirkulasi larutan NaOH dengan laju aliran 0,05 l/det, Hidupkan kompresor untuk mengalirkan biogas ke dalam tabung absorpsi, variasikan laju aliran biogas masuk kedalam tabung absorpsi dengan mengatur katup, laju aliran biogas dapat dilihat pada *flow meter*. Besarnya laju aliran biogas yang pertama adalah 0,03 l/det, tampung biogas pada plastik polyteline untuk selanjutnya dilakukan proses pengujian pada gas *analyser* dan ulangi langkah tersebut sebanyak 3 kali pada masing – masing variasi laju aliran biogas berturut – turut biogas 0.04 l/det, 0.05 l/det, 0.06 l/det, 0.07 l/det.

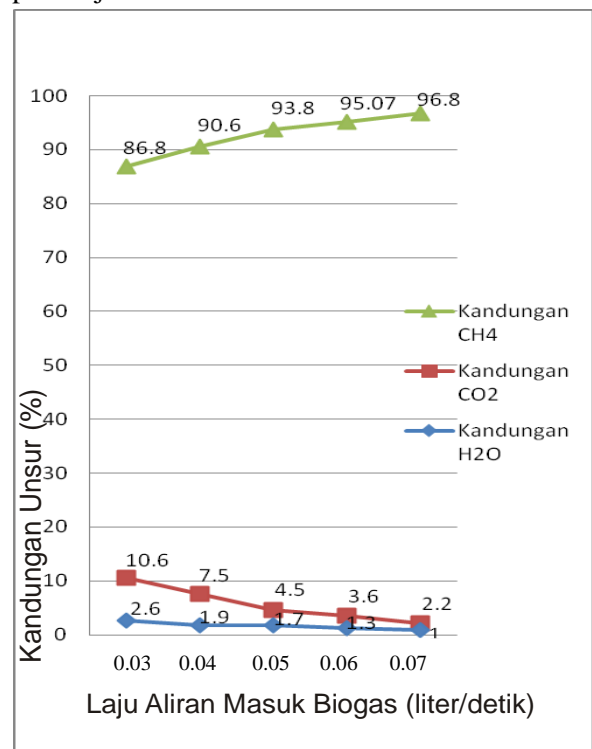
### Pembahasan

Setelah mengalami proses pembilasan dengan laju aliran masuk biogas 0.03 liter/detik kandungannya menjadi CH<sub>4</sub> : 86.8 %, CO<sub>2</sub> : 10.6 % dan H<sub>2</sub>O : 2.6 %, pada laju aliran masuk biogas 0.04 liter/detik kandungannya menjadi CH<sub>4</sub> : 90.6 %, CO<sub>2</sub> : 7.5 % dan H<sub>2</sub>O : 1.9 %, pada laju aliran masuk biogas 0.05 liter/detik kandungannya menjadi CH<sub>4</sub> : 93.8 %, CO<sub>2</sub> : 4.5 % dan H<sub>2</sub>O : 1.7 %, pada laju aliran masuk biogas 0.06 liter/detik kandungannya menjadi CH<sub>4</sub> : 95.07 %, CO<sub>2</sub> : 3.6 % dan H<sub>2</sub>O : 1.3 % dan pada laju aliran masuk biogas 0.07 liter/detik kandungannya menjadi CH<sub>4</sub> : 96.8 %, CO<sub>2</sub> : 2.2 % dan H<sub>2</sub>O : 1% ditunjukkan pada Gambar 2. Efisiensi kelembaban biogas turun setelah proses pembilasan, pada laju aliran 0.03 liter/detik efisiensi kelembaban akan turun sebesar 1.1%, pada laju aliran 0.04 liter/detik efisiensi kelembaban turun sebesar 2.5%, pada laju aliran 0.05 liter/detik efisiensi kelembaban turun sebesar 3.8%, Tanda minus yang ditunjukkan pada grafik menyatakan bahwa kelembaban biogas meningkat, namun pada laju aliran 0.06 liter/detik efisiensi kelembaban akan menunjukkan nilai plus, hal tersebut menunjukkan bahwa terjadinya peningkatan efisiensi kelembaban dari biogas setelah proses pembilasan, peningkatan efisiensi kelembabannya sebesar 10% dan pada laju aliran 0.07 liter/detik peningkatan efisiensi kelembaban

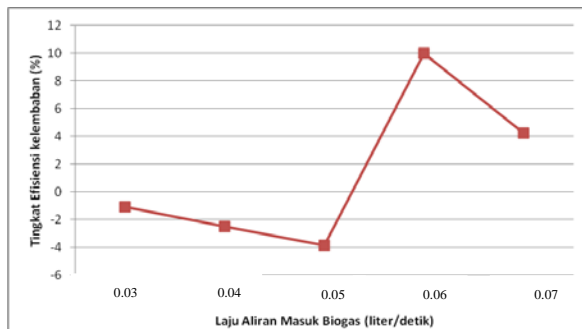
dari : membuka

akan menurun menjadi 4.5% seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Molaritas CH<sub>4</sub> akan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya laju aliran masuk biogas, namun sebaliknya CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O molaritasnya akan menurun. Hal tersebut dikarenakan jumlah molekul dari CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O menurun akibat terabsorpsi oleh larutan NaOH, sedangkan unsur CH<sub>4</sub> akan meningkat seperti ditunjukkan pada gambar 4.

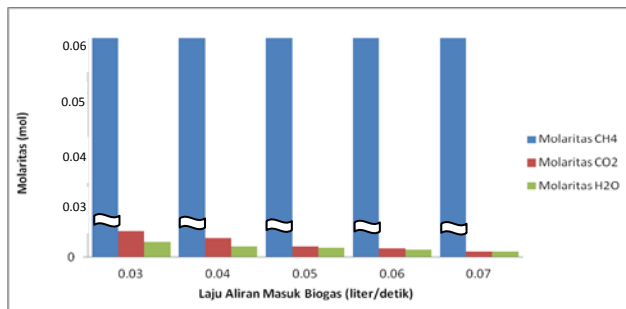
Hasil pengujian menunjukkan bahwa : laju aliran biogas pada 0.07 liter/detik mampu menghasilkan kandungan CH<sub>4</sub> yang paling tinggi, CO<sub>2</sub> terabsorpsi paling tinggi serta kandungan H<sub>2</sub>O paling rendah. Tingkat efisiensi kelembaban paling tinggi diperoleh pada laju aliran biogas 0.06 liter/detik. Untuk molaritas unsur penyusun biogas diperoleh paling baik pada laju aliran 0.07 liter/detik.



**Gambar 2. Grafik hubungan laju aliran biogas terhadap kandungan biogas setelah proses pembilasan**



**Gambar 3. Grafik hubungan laju aliran biogas terhadap efisiensi kelembaban biogas setelah proses pembilasan**



**Gambar 4. Grafik hubungan laju aliran biogas terhadap molaritas unsur penyusun biogas setelah proses pembilasan**

### Kesimpulan

Berdasarkan dari data hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Gas polutan  $\text{CO}_2$  terabsorpsi paling tinggi pada laju aliran biogas 0.07 liter/detik dan menghasilkan kandungan  $\text{CH}_4$  yang paling tinggi.
2. Efisiensi kelembaban biogas paling tinggi diperoleh pada laju aliran biogas 0.06 liter/detik

### Daftar pustaka

Kapdi S.S, Vijay V.K, Rajesh S.K, Prasad R, *Biogas scrubbing, compression and storage*, Centre for Rural Development and Technology, Indian Institute of Technology, New Delhi 110 016, India (2004)

Kismurtono Muhamad, *Upgrading Biogas Purification in Packed Column With Chemical Absorbption Of  $\text{CO}_2$  For Energy Alternative Small Industry (UKM-Tahu)*, *IJET – IJENS*, Vol : 11, No : 01, Hal : 83 – 86 (2011)

Maarif, Faud dan Arif, Januar. F, *Absorpsi Gas Karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dalam Biogas dengan Larutan NaOH secara Kontinyu*, Skripsi Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang (2009)