

VARIASI LAJU ALIRAN BIOGAS PADA SISTEM PEMBILASAN MENGGUNAKAN CAMPURAN NaOH DAN H₂O UNTUK PEMURNIAN BIOGAS DARI PENGOTOR CO₂

I Nyoman Suprapta 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 methana (CH₄) 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 CH₄ adalah CO₂. Adanya kandungan CO₂ 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 CO₂ yang bisa diserap dari biogas serta efisiensi kelembaban biogas setelah mengalami proses pembilasan.

Dalam pemisahan CO₂ 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 CO₂ 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 labolatorium 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 CH₄, CO₂, H₂O dan temperatur biogas setelah proses pembilasan. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh CO₂ terabsorpsi paling tinggi pada laju aliran 0.07 liter/detik dengan menghasilkan CH₄ paling tinggi yaitu 96.8 %. Efisiensi kelembaban juga diamati dimana terjadi peningakatan sebesar 10 % pada laju aliran 0.06 liter/detik. Hal ini menunjukkan bahwa CO₂ mampu terabsorpsi dengan baik pada larutan NaOH, dimana reaksi absorbsinya : 2NaOH_(l) + CO_{2(g)} menghasilkan Na₂HCO_{3(s)} + H₂O_(aq), sehingga unsur CO₂ pada biogas akan berkurang yang menyebabkan komposisi CH₄ akan meningkat karena NaOH_(l) + CH_{4(g)} tidak akan bereaksi karena CH₄ dalam kondisi stabil. Sementara kandungan H₂O akan dipengaruhi oleh laju aliran biogas, karena semakin lambat laju aliran maka H₂O akan semakin banyak terkandung dalam biogas, reaksi H₂O_(aq) + NaOH_(l) akan menghasilkan Na⁺ + OH⁻ + H₂O_(aq).

Kata Kunci : Sistem pembilasan, absorpsi CO₂, laju aliran biogas, kandungan CH₄, 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 (CH_4), karbon dioksida (CO_2), hidrogen sulfida (H_2S), uap air (H_2O) serta gas yang lainnya. Kemurnian CH_4 dari biogas merupakan salah satu pertimbangan yang sangat penting, karena tinggi rendahnya kandungan CH_4 akan mempengaruhi nilai kalor dalam proses pembakaran. Dalam biogas, kandungan yang cukup tinggi yang mempengaruhi kemurnian CH_4 adalah CO_2 .

Dalam pemisahan 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 CO_2 mencapai 30% (Kapdi dkk., 2004). Disamping menggunakan air sebagai absorben, ada juga larutan yang lebih baik dalam penyerapan CO_2 . Larutan natrium hidroksida (NaOH) merupakan larutan yang sangat baik dalam pengikatan CO_2 . Pada penelitian sebelumnya (Maarif dkk., 2009) Absorpsi CO_2 dilakukan dengan mengumpulkan larutan NaOH pada bagian atas menara pada konsentrasi dan laju alir tertentu, sementara biogas dialirkkan pada bagian bawah menara. Absorpsi CO_2 dari biogas menggunakan larutan kimia NaOH dengan memvariasikan tekanan pada tabung absorpsi , 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 NaOH dan H_2O untuk menyerap 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 (CH_4) dan juga mengandung unsur yang tidak mudah terbakar seperti karbon dioksida (CO_2) serta beberapa polutan lainnya dalam jumlah kecil.

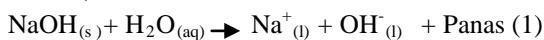
Komposisi biogas yang dihasilkan sangat tergantung pada jenis bahan baku yang digunakan. Komposisi biogas yang utama adalah gas metana (CH_4) dan gas karbon dioksida (CO_2) dengan sedikit hidrogen sulfida (H_2S). Komponen lainnya yang ditemukan dalam kisaran konsentrasi kecil (*trace element*) antara lain gas hidrogen (H_2), gas nitrogen (N_2), gas karbon monoksida (CO) dan gas oksigen (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% 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 CO_2 , H_2S dan H_2O .

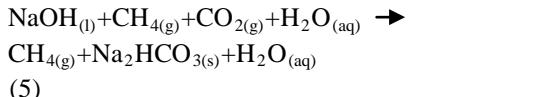
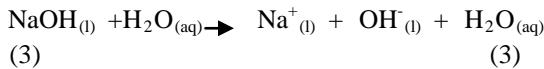
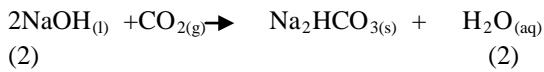
Adsorpsi secara umum adalah proses pengumpulan substansi terlarut yang ada dalam larutan oleh permukaan zat atau benda penyerap dimana terjadi suatu ikatan kimia fisik antara substansi dengan zat penyerap. Absorpsi CO_2 pada suatu senyawa merupakan proses penyerapan kandungan CO_2 pada senyawa tersebut. Dimana dalam hal ini digunakan absorber campuran NaOH dan H_2O .

Reaksi terbentuknya absorber dan proses absorpsi dapat dirumuskan sebagai berikut :

Reaksi terbentuknya absorber (larutan NaOH) :



Reaksi proses absorsi pada larutan NaOH :



CH_4 tidak akan bereaksi dengan NaOH karena CH_4 sudah dalam kondisi stabil.

Setelah mengalami proses pembilasan, biogas yang kandungan CO_2 nya sudah terabsorpsi akan memiliki kelembaban yang berbeda. Untuk menetukan efisiensi kelembaban itu dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

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

Dimana :

μ_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 CH_4 , CO_2 , H_2O dan effisiensi kelembaban biogas

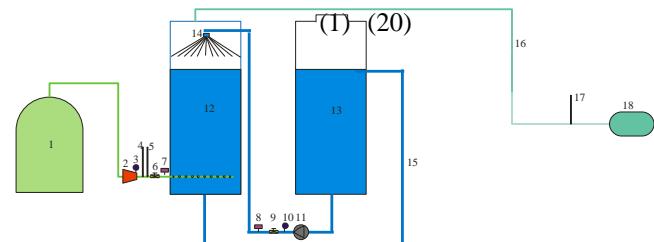
Alat

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

Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian antara lain : Biogas, Aquades (H_2O) 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 yg akan diuji serta membuat rancangan alat pengujian. Pilih bahan bahan – bahan dari alat uji dan lakukuan proses pembuatan 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 mengalai proses pembilasan adalah mulai katup pada saluran pompa dan selanjutnya hidupkan 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 polyethylene 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.

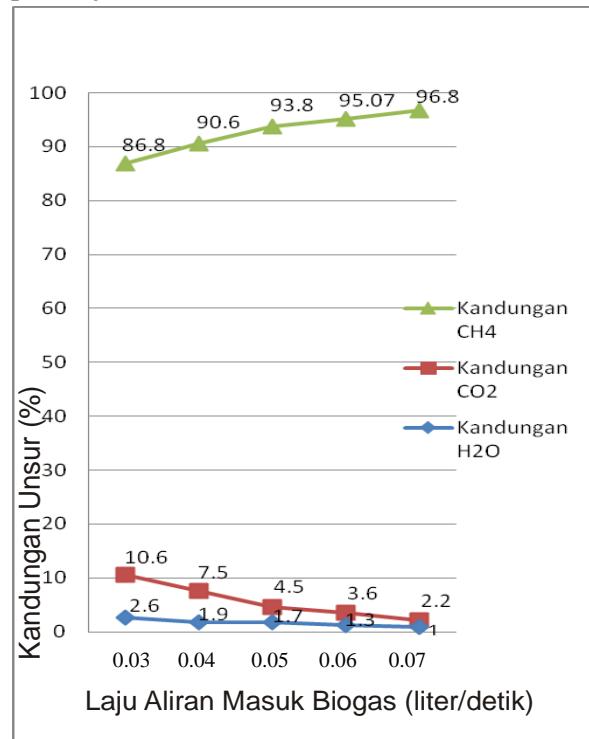
Pembahasan

Setelah mengalami proses pembilasan dengan laju aliran masuk biogas 0.03 liter/detik kandungannya menjadi CH₄ : 86.8 %, CO₂ : 10.6 % dan H₂O : 2.6 %, pada laju aliran masuk biogas 0.04 liter/detik kandungannya menjadi CH₄ : 90.6 %, CO₂ : 7.5 % dan H₂O : 1.9 %, pada laju aliran masuk biogas 0.05 liter/detik kandungannya menjadi CH₄ : 93.8 %, CO₂ : 4.5 % dan H₂O : 1.7 %, pada laju aliran masuk biogas 0.06 liter/detik kandungannya menjadi CH₄ : 95.07 %, CO₂ : 3.6 % dan H₂O : 1.3 % dan pada laju aliran masuk biogas 0.07 liter/detik kandungannya menjadi CH₄ : 96.8 %, CO₂ : 2.2 % dan H₂O : 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 kelembabaan 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

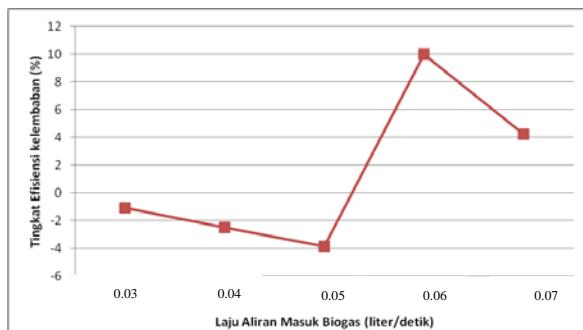
dari : membuka

akan menurun menjadi 4.5% seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Molaritas CH₄ akan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya laju aliran masuk biogas, namun sebaliknya CO₂ dan H₂O molaritasnya akan menurun. Hal tersebut dikarenakan jumlah molekul dari CO₂ dan H₂O menurun akibat terabsorpsi oleh larutan NaOH, sedangkan unsur CH₄ akan meningkat seperti ditunjukkan pada gambar 4.

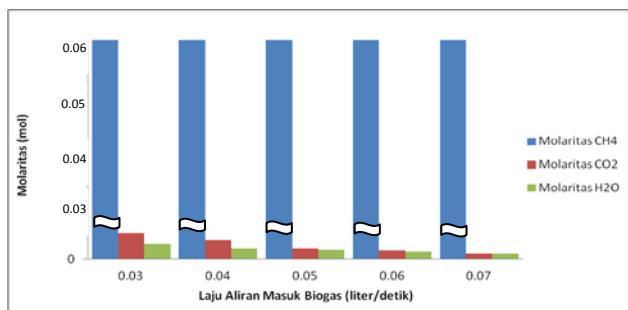
Hasil pengujian menunjukkan bahwa : laju aliran biogas pada 0.07 liter/detik mampu menghasilkan kandungan CH₄ yang paling tinggi, CO₂ terabsorpsi paling tinggi serta kandungan H₂O paling rendah. Tingkat efisiensi kelembaban paling tinggi diperoleh pada laju aliran biogas 0.06 liter/detik. Untuk molaritas 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 CO_2 terabsorbsi paling tinggi pada laju aliran biogas 0.07 liter/detik dan menghasilkan kandungan 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 Absorption Of 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,
Absorbsi Gas Karbondioksida (CO_2) dalam Biogas dengan Larutan NaOH secara Kontinyu, Skripsi Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang (2009)