

PENINGKATAN PERSENTASE METANA DALAM KUALITAS BIOGAS SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF MENGGUNAKAN MEMBRAN BERBAHAN DASAR KARBON AKTIF

Abdullah Saleh*, Jhonson D L Tobing, Hardani Pratama

*Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Jl. Palembang-Prabumulih K.M 32, Inderalaya, 30662
Email: dullascurtin@yahoo.com

Abstrak

Biogas merupakan salah satu contoh sumber energi yang dikembangkan. Bahan baku yang banyak serta relatif mudah ditemukan membuat biogas tidak sulit dikembangkan sebagai sumber energi alternatif. Sebagai contoh, kotoran hewan sekalipun dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biogas. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan biogas dengan kualitas yang baik melalui purifikasi karbon aktif untuk mengurangi kadar H_2S dan CO_2 . Pada proses purifikasi biogas ini menggunakan laju alir dan biogas sebagai variabel tetap serta komposisi campuran karbon aktif pada membran sebesar 40:50:60 persen berat dan tanah liat sebagai perekat. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa biogas dengan kandungan metana yang paling tinggi dihasilkan oleh adsorpsi pada membran campuran karbon aktif : tanah liat sebesar 60 : 40.

Kata kunci : biogas, karbon aktif, kandungan metana

Abstract

Biogas is one example of energy source which is developed. The raw material as well as many relatively easily found make biogas is not hard developed as a source of alternative energy. As an example, droppings animal can be used as raw material of the manufacture of biogas. This research aims to get biogas with good quality through active carbon purification to reduce levels of H_2S and CO_2 . In the process of biogas purification is using flow rate and biogas as fixed and variable composition a mixture of carbon active on the membrane as 40: 50: 60 percent of the weight and clay as adhesive. Of the results of research shows that biogas with the content of methane the most highly produced by adsorption on the membrane a mixture of carbon active: clay of 60: 40.

Key words: *Biogas, activated carbon, methane composition*

1. PENDAHULUAN

Biogas merupakan salah satu contoh sumber energi yang dikembangkan. Bahan baku yang banyak serta relatif mudah ditemukan membuat biogas tidak sulit dikembangkan sebagai sumber energi alternatif. Sebagai contoh, kotoran hewan sekalipun dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biogas.

Biogas sangat potensial sebagai bahan bakar karena memiliki kandungan metana. Biogas juga sudah mulai dikembangkan dan dimanfaatkan oleh beberapa industri sebagai bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar minyak. Tetapi kandungan H_2S dan CO_2 dalam biogas yang cukup tinggi dapat berpotensi mencemari lingkungan dan mengganggu

kesehatan. Dengan demikian diperlukan adanya pemurnian biogas terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai bahan bakar.

Pada penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan biogas dengan kualitas yang baik melalui purifikasi dengan menggunakan membran karbon aktif untuk mengurangi kadar H_2S dan CO_2 yang cukup tinggi sehingga akan didapat biogas dengan kuantitas metana yang tinggi. Dengan tingginya kadar metana dalam biogas, semakin baik pula biogas yang dihasilkan

Biogas sebagai alternatif energi biomassa

Biogas merupakan bahan bakar gas (*biofuel*) dan bahan bakar yang dapat diperbaharui (*renewable fuel*) yang dihasilkan secara *anaerobic digestion* atau fermentasi

anaerob dari bahan organik dengan bantuan bakteri metana seperti *Methanobacterium sp.* Bahan yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biogas yaitu bahan *biodegradable* seperti biomassa (bahan organik bukan fosil), kotoran, sampah padat hasil aktivitas perkotaan dan lain-lain. Akan tetapi, biogas biasanya dibuat dari kotoran ternak seperti kerbau, sapi, kambing, kuda dan lain – lain.

Proses pembuatan biogas

Fermentasi adalah proses produksi energi dalam sel dalam keadaan anaerobik (tanpa oksigen). Secara umum, fermentasi adalah salah satu bentuk respirasi anaerobik, akan tetapi terdapat definisi yang lebih jelas yang mendefinisikan fermentasi sebagai respirasi dalam lingkungan anaerobik dengan tanpa akseptor elektron eksternal.

Proses pembuatan biogas dilakukan secara fermentasi yaitu proses terbentuknya gas metana dalam kondisi anaerob dengan bantuan bakteri anaerob di dalam suatu digester sehingga akan dihasilkan gas metana (CH₄) dan gas karbon dioksida (CO₂) yang volumenya lebih besar dari gas hidrogen (H₂), gas nitrogen (N₂) dan gas hydrogen sulfida (H₂S). Proses fermentasi memerlukan waktu 7 sampai 10 hari untuk menghasilkan biogas dengan suhu optimum 35 °C dan pH optimum pada range 6,4 – 7,9. Bakteri pembentuk biogas yang digunakan yaitu bakteri anaerob seperti *Methanobacterium*, *Methanobacillus*, *Methanococcus* dan *Methanosarcina*.

Komposisi biogas

Tabel 1. Komposisi biogas

No.	Komponen	Satuan	Komposisi (%)
1	Gas metana	% Vol	55-75
2	Karbon dioksida	% Vol	24-45
3	Nitrogen	% Vol	0-0,3
4	Hidrogen	% Vol	1-5
5	Karbon monoksida	% Vol	0,1
6	Oksigen	ppm	0,1-0,5
7	Hidrogen sulfida	ppm	0,1-3

Komposisi biogas bervariasi tergantung dengan asal proses anaerobik yang terjadi. Biogas hasil fermentasi

biasanya memiliki konsentrasi metana yang rendah, sekitar 40%. Metana berkadar rendah dalam biogas sebesar itu hanya bisa dimanfaatkan sebagai bahan bakar dalam kegiatan masak memasak. Guna menaikkan kemanfaatan biogas sebagai energi baru terbarukan, perlu dilakukan tahap pemurnian metana secara mudah dan murah. Dengan sistem/ alat pemurnian (purifikasi) metana, biogas dapat diaplikasikan sebagai sumber bahan baku energi alternatif.

Nilai kalor pembakaran biogas

Panas pembakaran dari suatu bahan bakar adalah panas yang dihasilkan dari pembakaran sempurna bahan bakar pada volume konstan dalam kalorimeter dan dinyatakan dalam kal/kg atau Btu/lb. Panas pembakaran dari bahan bakar bisa dinyatakan dalam *High Heating Value* (HHV) dan *Lower Heating Value* (LHV). *High Heating Value* merupakan panas pembakaran dari bahan bakar yang di dalamnya masih termasuk *latent heat* dari uap air hasil pembakaran. *Low Heating Value* merupakan panas pembakaran dari bahan bakar setelah dikurangi *latent heat* dari uap air hasil pembakaran

Karbon aktif

Karbon aktif adalah karbon yang diproses sedemikian rupa sehingga pori – porinya terbuka, dan dengan demikian akan mempunyai daya serap yang tinggi. Karbon aktif merupakan karbon yang bebas serta memiliki permukaan dalam (*internal surface*), sehingga mempunyai daya serap yang baik. Keaktifan daya menyerap dari karbon aktif ini tergantung dari jumlah senyawa karbonnya yang berkisar antara 85 % sampai 95% karbon bebas. Karbon aktif yang berwarna hitam, tidak berbau, tidak terasa dan mempunyai daya serap yang jauh lebih besar dibandingkan dengan karbon aktif yang belum menjalani proses aktivasi, serta mempunyai permukaan yang luas, yaitu memiliki luas antara 300 sampai 2000 m²/gram.

Karbon aktif ini mempunyai dua bentuk sesuai ukuran butirannya, yaitu karbon aktif bubuk dan karbon aktif granular (butiran). Karbon aktif bubuk ukuran diameter butirannya kurang dari atau sama dengan 325 mesh. Sedangkan karbon aktif granular ukuran diameter butirannya lebih besar dari 325 mesh

Ada 2 tahap utama proses pembuatan karbon aktif yakni proses karbonasi dan proses aktifasi.

Dijelaskan bahwa secara umum proses karbonisasi sempurna adalah pemanasan bahan

baku tanpa adanya udara sampai temperatur yang cukup tinggi untuk mengeringkan dan menguapkan senyawa dalam karbon. Pada proses ini terjadi dekomposisi termal dari bahan yang mengandung karbon, dan menghilangkan spesies non karbonnya. Proses aktivasi bertujuan untuk meningkatkan volume dan memperbesar diameter pori setelah mengalami proses karbonisasi, dan meningkatkan penyerapan. Pada umumnya karbon aktif dapat di aktivasi dengan 2 (dua) cara, yaitu dengan cara aktivasi kimia dan aktivasi fisika.

1. Aktivasi kimia, arang hasil karbonisasi direndam dalam larutan aktivasi sebelum dipanaskan. Pada proses aktivasi kimia, arang direndam dalam larutan pengaktifasi selama 24 jam lalu ditiriskan dan dipanaskan pada suhu 600 – 900°C selama 1 – 2 jam.
2. Aktivasi fisika, yaitu proses menggunakan gas aktivasi misalnya uap air atau CO² yang dialirkan pada arang hasil karbonisasi. Proses ini biasanya berlangsung pada temperatur 800 – 1100°C.

Adsorpsi dengan karbon aktif

Adsorpsi adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu cairan maupun gas terikat kepada suatu padatan dan akhirnya membentuk suatu lapisan film (lapisan tipis) pada permukaan padatan tersebut. Berbeda dengan absorpsi, dimana fluida terserap oleh fluida lainnya membentuk suatu larutan. Mirip dengan tegangan permukaan, adsorpsi merupakan konsekuensi dari energi permukaan. Namun, atom pada permukaan adsorben tidak sepenuhnya dikelilingi oleh atom adsorben lain dan karena itu dapat menarik adsorbat. Zat yang diserap disebut adsorbat sedangkan zat penyerap disebut dengan adsorben.

Molekul-molekul yang mempunyai diameter lebih kecil dari saluran masuk karbon aktif akan terserap dari bagian permukaan ke pusat rongga tersebut. Sedangkan untuk molekul-molekul yang ukurannya lebih besar dari saluran masuk rongga tidak dapat masuk ke dalam karbon aktif. Berarti karbon aktif dapat digunakan sebagai penjernih ataupun menghilangkan busuk. Pada karbon aktif terdapat banyak pori berukuran nano hingga mikrometer. Sedemikian banyaknya pori sehingga dalam satu gram karbon aktif bila semua dinding rongga pori direntangkan, luas permukaannya dapat mencapai ratusan hingga ribuan meter persegi. Karbon aktif yang atom-atomnya merupakan atom-atom karbon yang dapat berfungsi sebagai bahan penyerap.

Klasifikasi membran

Berdasarkan ukuran pori, membran dapat dibedakan dibagi menjadi 2 yaitu:

1. Membran berpori (*porous membran*)
Prinsip pemisahan membran berpori didasarkan pada perbedaan ukuran partikel dengan ukuran pori membran. Membran jenis ini biasanya digunakan untuk proses mikrofiltrasi (melewatkan air, menahan mikroba) dan ultrafiltrasi (melewatkan air menahan garam mineral).
2. Membran non pori (*non-porous membran*)
Prinsip pemisahannya didasarkan pada perbedaan kelarutan dan berdifusi. Membran dengan jenis ini digunakan untuk proses permeasi gas dan preevaporasi.

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya

Banyak penelitian yang telah dilakukan oleh para ilmuwan sebelumnya tentang pemurnian Biogas. Penelitian yang dilakukan para ilmuwan sebelumnya adalah pemurnian dengan menggunakan berbagai adsorber. Penelitian ini dilakukan dengan pemilihan adsorber, perlakuan, dan kondisi yang berbeda, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Kwartiningsih, Endang, Fakultas Teknik UNS, 2007. “Pemurnian Biogas dari Kandungan Hidrogen Sulfida (H₂S) Menggunakan Larutan Absorben dari Besi Bekas (Besi Rongsok)”. Biogas dimurnikan dengan menggunakan larutan absorben Fe-EDTA 0,2 M dan larutan absorben Fe-EDTA 0,1 M dengan variasi tinggi dan diameter kolom serta laju alir.
2. Mutiari, Anies, S2 Teknik Kimia UGM, 2011. “Keseimbangan dan Proses Kecepatan pada Mekanisme Penjerapan Karbondioksida (CO₂) Menggunakan Strong Base Anion Exchange Resin Untuk Purifikasi Biogas”. Biogas dimurnikan dengan menggunakan Strong Base Anion Exchange Resin untuk meneliti keseimbangan dan proses kecepatan yang hanya terkhusus pada mekanisme penyerapan CO₂.
3. Aditya, Kusuma, UNDIP, 2012. “Pemurnian Biogas dari Kandungan Hidrogen Sulfida (H₂S) dengan NaOH, CuSO₄, Fe₂(SO₄)₃ Dalam Packed Coloumn Secara Kontinyu” Proses purifikasi menggunakan NaOH, CuSO₄, Fe₂(SO₄)₃ Dalam Packed Coloumn Secara Kontinyu dengan rentang waktu proses hingga 170 menit.
4. Edbert, Budi levi, UNSRI, 2013. “Peningkatan Persentase Metana Dalam Kualitas Biogas Sebagai Bahan Bakar

Alternatif Menggunakan Zeolit dan Karbon Aktif”. Biogas dipurifikasi menggunakan zeolit dan karbon aktif yang dimasukkan kedalam kolom adsorpsi

5. Dermawan, Arrizky, UNSRI, 2014. “Peningkatan Persentase Metana Dalam Kualitas Biogas Sebagai Bahan Bakar Alternatif Menggunakan Karbon Aktif”. Pemurnian biogas dilakukan dengan menggunakan kolom adsorpsi dengan variasi laju alir.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian ini akan dilakukan di Peternakan sapi “Tumbuh Bersama”, yang berada di Desa Sukamulya, Kecamatan Indralaya Utara, Kabupaten Ogan Ilir, Sumatra Selatan. Waktu pelaksanaan direncanakan selama 3 bulan, yaitu pada bulan September 2013 sampai November 2013.

Alat dan Bahan

- a. Alat
 1. Digester volume 2000 liter
 2. Pipa PVC diameter 3 inci
 3. Selang diameter 0,5 inci
 4. Housing membran
 5. Gas valve
 6. Tempat penyimpan sampel gas
 7. Kompresor
- b. Bahan
 1. Kotoran sapi
 2. Membran karbon aktif
 3. Tanah liat

Variabel Penelitian

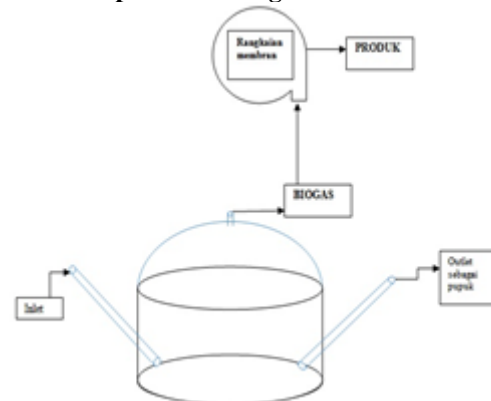
- a. Variabel berubah
 1. Komposisi karbon aktif dan tanah liat dalam membran
- b. Variabel tetap
 1. Suhu
 2. Laju alir
 3. Tekanan

Prosedur Penelitian

1. Masukkan bahan baku berupa kotoran sapi dan air ke dalam digester dengan perbandingan 1 : 1.
2. Fermentasikan bahan baku hingga terbentuk biogas kurang lebih 14 hari.
3. Atur laju alir biogas menuju membran karbon aktif.
4. Ambil sampling outlet biogas yang keluar dari digester dan masukkan ke dalam tempat penyimpan sampel biogas.

5. Ambil sampling outlet biogas dari digester dan lakukan pengadsorpsi dengan rangkaian alat pengadsorpsi dengan berbagai macam komposisi membran yang telah disiapkan.
7. Ambil sampling outlet biogas yang keluar dari membran masukkan ke dalam tempat penyimpan sampel biogas.
8. Ukur kadar metana dari masing-masing sampling.

Flowheet purifikasi biogas



Gambar 1. Gambar flowsheet purifikasi biogas

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

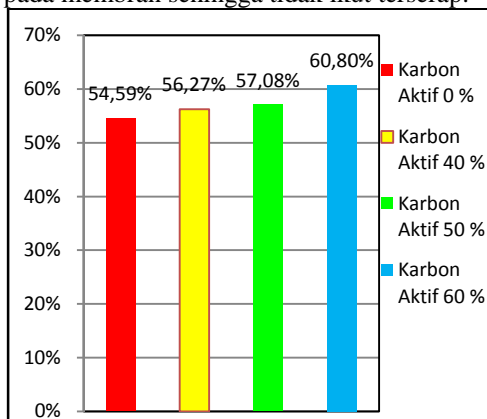
Pada penelitian ini, pemurnian biogas dilakukan dengan proses adsorpsi dengan menggunakan membran setinggi 30 cm, dengan diameter dalam 1 inci dan diameter luar 2,5 inci, komposisi karbon dalam membran sebagai variabel berubahnya, yaitu 40%, 50%, dan 60% dengan campuran tanah liat sebagai perekat. Variabel yang menjadi variabel tetap adalah laju alir dan juga bahan baku kotoran sapi sebagai bahan baku penghasil biogas. Pada sample awal tanpa perlakuan membran didapatkan komposisi metana sebesar 54.59%. Persentase ini dapat dikatakan besar mengingat dari studi beberapa literatur mengatakan biogas murni memiliki kadar metana sekitar 40%. Hal ini disebabkan karena sapi yang menghasilkan kotoran bahan baku biogas diberikan pakan rumput-rumput dan daun yang masih segar. Hal ini menyebabkan pencernaan makanan di dalam perut sapi berjalan dengan baik sehingga bakteri *Methanobacterium* dapat berkembang biak dengan sangat baik dan feses yang dikeluarkan oleh sapi mengandung banyak sekali bakteri tersebut.

Masing-masing sampel biogas diberikan perlakuan yang sama yakni dialirkan kedalam balon penampung gas dengan laju alir 2 cc/min. pada sample ke-2 diperlakukan adsorpsi menggunakan membran dengan

campuran karbon aktif dan tanah liat sebesar 40:60 persen berat, menghasilkan biogas dengan kadar metana sebesar 56,27 %. Pada sample ke-3 diperlakukan adsorpsi menggunakan membran dengan campuran karbon aktif dan tanah liat sebesar 50:50 persen berat, menghasilkan biogas dengan kadar metana sebesar 57,08 %. Pada sample ke-4 diperlakukan adsorpsi menggunakan membran dengan campuran karbon aktif dan tanah liat sebesar 60:40 persen berat, menghasilkan biogas dengan kadar metana sebesar 60,80 %.

Pengaruh komposisi karbon aktif terhadap persentase metana

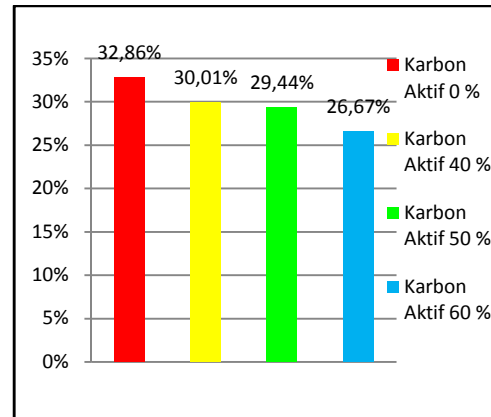
Dari data hasil analisa keempat sampel diatas, menunjukkan adsorpsi dengan membran campuran karbon aktif sebesar 60%, sampel ke-4, memiliki persentase metana yang paling tinggi. Hal ini terjadi karena dengan kuantitas karbon aktif yang paling banyak dalam membran, membuat lebih banyak karbon aktif yang dapat mengasorpsi lebih banyak zat pengotor. Sedangkan metana yang terdapat dalam biogas dapat melewati pori-pori karbon pada membran sehingga tidak ikut terserap.



Gambar 2. Grafik persentase metana dalam sampel biogas

Pengaruh komposisi karbon aktif terhadap persentase nitrogen

Analisa persentase nitrogen juga dilakukan terhadap ke-4 sampel biogas. Pada sampel tanpa perlakuan (ke-1), persentase nitrogen yang terdapat dalam biogas sebesar 32,86 %. Pada sampel yang ke-2 dengan perlakuan yang sama seperti pada uji metan diatas, memiliki persentase nitrogen sebesar 30,01 %. Pada sampel ke-3, nitrogen yang masih tersisa sebesar 29,44 %. Sedangkan pada sampel ke-4 memiliki persentase nitrogen sebesar 26,67 %

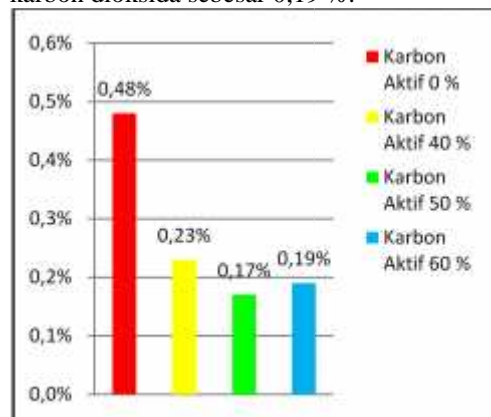


Gambar 3. Grafik persentase nitrogen dalam sampel biogas

Dari data hasil analisa didapat sampel ke-4 memiliki persentase nitrogen yang paling sedikit. Hal ini menunjukkan bahwa kuantitas karbon aktif tiap membran juga mempengaruhi persentase nitrogen yang terdapat di dalam biogas. Hal ini disebabkan karena jumlah karbon aktif dalam membran mempengaruhi banyaknya adsorpsi nitrogen yang terjadi. Pori-pori membran karbon aktif dapat menahan molekul-molekul nitrogen untuk tidak dapat melewati membran. Selanjutnya molekul nitrogen tertempel di permukaan karbon aktif sehingga persentase nitrogen menjadi menurun.

Pengaruh komposisi membran terhadap persentase karbon dioksida

Analisa juga dilakukan untuk menguji persentase karbon dioksida yang terdapat didalam biogas. Pada sample ke-1 memiliki persentase karbon sebesar 0,48 %. Pada sampel ke-2 memiliki persentase karbon dioksida sebesar 0,23 %. Pada sampel ke-3 memiliki persentase karbon dioksida sebesar 0,17 %, sedangkan sampel ke-4 memiliki persentase karbon dioksida sebesar 0,19 %.



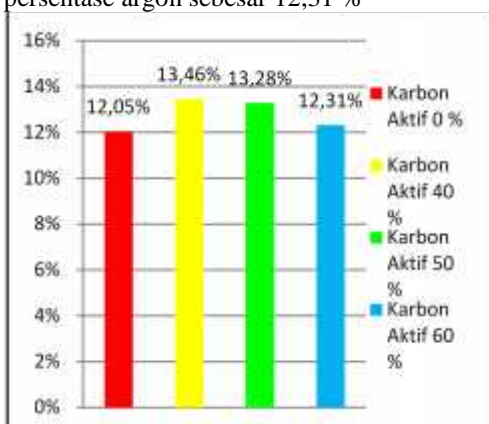
Gambar 4. Grafik persentase karbon dioksida dalam sampel biogas

Dari data hasil analisa didapat bahwa sampel ke-3 memiliki persentase karbon

dioksida yang paling kecil yaitu sebesar 0,17 %. Hal ini menunjukkan adanya kesalahan yang bisa saja terjadi sewaktu melakukan adsorpsi ataupun sewaktu melakukan analisa gas. Mengingat bahan yang dianalisa adalah gas, maka rentan terjadi kebocoran dan masuknya udara dari luar saat proses pengambilan sampel ataupun analisa. Karena seharusnya sampel ke-4 sebagai sampel yang memiliki persentase karbon dioksida yang paling sedikit. Hal ini dikarenakan pada sampel ke-4 dilakukan adsorpsi dengan menggunakan membran yang memiliki kuantitas biogas yang paling tinggi. Molekul-molekul karbon dioksida yang terdapat didalam biogas tertahan oleh pori-pori membran karbon aktif. Hal ini yang menyebabkan molekul karbon dioksida tertahan dipermukaan pori-pori membran.

Pengaruh komposisi karbon aktif terhadap persentase argon

Analisa juga dilakukan untuk menguji persentase argon didalam biogas. Pada sampel tanpa perlakuan (ke-1) didapat persentase argon sebesar 12,05 %. Pada sampel ke-2 didapat persentase argon sebesar 13,46 %. Pada sampel ke-3 didapatkan persentase argon sebesar 13,28 %, sedangkan pada sampel ke-4 didapatkan persentase argon sebesar 12,31 %



Gambar 5. Grafik persentase argon dalam sample biogas

Dari data hasil analisa, didapat bahwa sampel ke-1 memiliki persentase argon yang paling kecil sebesar 12,05 %. Hal ini juga menunjukkan masih adanya kesalahan-kesalahan yang terjadi pada saat pengambilan sampel ataupun pada saat analisa sampel. Karena karbon aktif seharusnya dapat mengadsorpsi argon yang terdapat dalam biogas, sehingga sampel ke-4 dengan kuantitas karbon aktif terbanyaklah yang seharusnya paling bagus dalam mengadsorpsi argon. Molekul-molekul argon yang ada dalam biogas, dapat ditahan oleh pori-pori membran karbon aktif, yang

menyebabkan persentase argon semakin menurun seiring bertambahnya kuantitas karbon aktif yang digunakan dalam membran.

Pada penelitian ini kandungan yang terdapat dalam biogas adalah nitrogen (N_2), argon (Ar), karbon dioksida (CO_2), dan metana (CH_4), jadi selektivitas penyerapan gas-gas menggunakan membran karbon aktif hanya pada besar molekul. Pada karbon aktif, volume dan ukuran diameter yang terdapat pada ruang hampa dalam kristal karbon aktif yang menjadi dasar pemanfaatannya sebagai bahan/material penyaring atau *molecular sieving*. Karbon aktif mempunyai 3 jenis pori, yaitu mikropori (ukuran sampai 2 Nanometer), mesopori (ukuran 2-50 Nanometer) dan makropori (ukuran lebih dari 50 Nanometer). Makropori dan mesopori merupakan jalan masuk partikel menuju mikropori, dan pada bagian mikropori inilah sebagian besar peristiwa adsorpsi terjadi. Molekul-molekul yang mempunyai diameter lebih kecil dari pori-pori karbon aktif akan terserap dari bagian permukaan ke pusat rongga tersebut. Sedangkan untuk molekul-molekul yang ukurannya lebih besar dari saluran masuk rongga tidak dapat masuk ke dalam pori-pori karbon aktif.

Nitrogen, argon dan karbon dioksida dapat tertahan oleh pori-pori membran karbon aktif dan tertempel pada pori-pori membran tersebut sehingga mengakibatkan penurunan persentase nitrogen (N_2), argon (Ar), karbon dioksida (CO_2). Kondisi sebaliknya terjadi pada metana (CH_4), molekul metana dapat melewati pori-pori yang terdapat dalam karbon aktif sehingga CH_4 yang terdapat dalam biogas ketika dialirkan ke membran karbon aktif dapat lolos melalui rongga-rongga membran.

4. KESIMPULAN

1. Adsorpsi dengan menggunakan membran karbon aktif dapat digunakan untuk meningkatkan persentase metana dalam peningkatan kualitas biogas.
2. Semakin tinggi kuantitas karbon aktif yang digunakan sebagai bahan dasar membran maka akan menghasilkan persentase metana yang semakin tinggi pula.
3. Biogas dengan persentase metana sebesar 60,80 % adalah hasil terbaik yang didapat dari penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, T and Tauseef S.M. 2012. Bogas Energy. India : Springer
- Akbar, M. Ali. 2010. Pembuatan Membran Mikrofilter Zeolit Alam dengan

- Penambahan Semen Portland Putih.
Skripsi Universitas Islam Negeri Syarif
Hidayatullah.
- Hambali, Eliza., dkk, 2007. Teknologi
Bioenergi. Agromedia : Jakarta.
- Hamidi, Nurkholis, dkk.2011. Peningkatan
Kualitas Bahan Bakar Biogas Melalui
Proses Pemurnian Dengan Zeolit Alam.
Jurnal Rekayasa Mesin Vol.2, No. 3
Tahun 2011 : 227-231
- McCabe, W.L.1999. Operasi Teknik Kimia Jilid
1. Jakarta : Erlangga.
- Price,E.C and Cheremisinoff,P.N.1981.Biogas
Production and Utilization.Ann Arbor
Science Publishers, Inc .United States of
America
- Reynold, T.D.1981. Unit Operation and Process
in Environmental Engineering.
University Wadsworth Inc. A and M
Texas.
- Shannon, R. 2000. Biogas conference
proceedings. [online]
[http://www.rosneath.com.all
/ipc6/ch08/shannon2/](http://www.rosneath.com.all/ipc6/ch08/shannon2/). Diakses pada 24
Maret 2015.
- Sugiarto, dkk. 2013. "Purifikasi Biogas Sistem
Kontinyu Menggunakan Zeolit". *Jurnal
RekayasaMesin* Vol.4, No.1 Tahun 2013
1-10