

Peningkatan Kualitas Biogas Melalui Proses Adsorpsi Menggunakan *Zeolite* Alam

Endang Kusumawati, Dwi Nirwantoro Nur

Departemen Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung
Jl.Terusan Gegerkalong Hilir, Ds.Ciwaruga, Kabupaten Bandung 40012
Telp./Fax. (022) 2013789/ (022) 2016403
e-mail: kusumawati_uk@yahoo.co.uk
e-mail:dwi.nirwa@gmail.com

Abstrak

Teknologi pembutan biogas merupakan teknologi yang tepat digunakan untuk menghasilkan energi alternatif. Salah satu sumber energi yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan biogas adalah kotoran sapi dari suatu peternakan sapi di kawasan Bandung Barat. Namun pada umumnya biogas yang dihasilkan belum layak untuk dijadikan sumber pemanasan karena gas metana (CH_4) yang dihasilkan masih mempunyai nilai kalor rendah, sehingga perlu ditingkatkan kemurniannya. Adapun gas yang terkandung dalam biogas yaitu gas CH_4 , gas karbon dioksida (CO_2), gas oksigen (O_2), gas hydrogen sulfida (H_2S), gas hidrogen (H_2), dan gas karbon monoksida (CO). Dari semua komponen tersebut yang berperan dalam menentukan kualitas biogas yaitu gas CH_4 dan CO_2 . Bila kadar gas CH_4 tinggi, maka biogas tersebut akan memiliki nilai kalor yang tinggi. Sebaliknya jika kadar gas CO_2 yang tinggi, maka akan mengakibatkan nilai kalor biogas tersebut rendah. Oleh karena itu, untuk meningkatkan nilai kalor biogas, maka kadar gas CO_2 harus rendah. Kandungan gas CH_4 dari biogas dapat ditingkatkan dengan cara memisahkan gas CO_2 dan H_2S yang bersifat korosif dari biogas. Peningkatan kadar gas CH_4 dapat dilakukan dengan melewati ke dalam kolom adsorpsi yang didalamnya terdapat adsorben. *Zeolite* merupakan adsorben yang baik untuk menyerap gas CO_2 , H_2S dan pengotor lainnya. Untuk meningkatkan kemampuan *zeolite*, maka perlu dilakukan aktivasi baik secara fisik maupun kimia. Pada penelitian ini *zeolite* akan diaktivasi secara fisika kemudian secara kimia yaitu dengan merendamkan ke dalam larutan KOH yang divariasi konsentrasinya yaitu sebesar 20, 25, 30% dan pemanasan pada suhu 300°C selama 2 jam, dengan ketinggian unggun 32 cm, dan menggunakan *zeolite* berdiameter 18 mesh. Proses adsorpsi dilakukan selama 1,5 jam dengan laju alir sebesar 10 liter/ menit serta waktu pengamatan 0,45 dan 90 menit. Proses adsorpsi dengan aktivasi secara fisik dan kimia dengan ketinggian unggun 32 cm dan perendaman KOH 30% memberikan kadar gas CH_4 tertinggi yaitu sebesar 60,43% dan gas CO_2 sebesar 28,04%.

Kata kunci

Zeolite, Adsorpsi, Biogas

PENDAHULUAN

Bahan bakar sangat berperan dalam kehidupan manusia. Krisis energi yang terjadi di dunia dan peningkatan populasi manusia sangat kontradiktif dengan kebutuhan energi bagi kelangsungan hidup manusia beserta aktivitas ekonomi dan sosialnya.

Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan adanya bahan bakar alternatif yang murah dan mudah didapatkan. Salah satu bahan bakar alternatif tersebut adalah biogas

Biogas dihasilkan melalui proses fermentasi limbah organik seperti sampah, sisa-sisa makanan, kotoran hewan dan limbah industri makanan. Adapun unsur-unsur yang terkandung dalam biogas yaitu gas metana (CH_4), gas karbon dioksida (CO_2), gas oksigen (O_2), gas hidrogen sulfida (H_2S), gas hidrogen (H_2), dan gas karbon monoksida (CO). Dari semua unsur tersebut yang berperan dalam menentukan kualitas biogas yaitu gas metana (CH_4) dan gas karbon dioksida (CO_2). Bila kadar CH_4 tinggi maka biogas tersebut akan memiliki nilai kalor yang tinggi. Sebaliknya jika kadar CO_2 yang tinggi maka akan mengakibatkan nilai kalor biogas tersebut rendah. Akibatnya proses pembakaran tidak sempurna sehingga berpengaruh terhadap efisiensi pembakarannya. Oleh karena itu untuk meningkatkan nilai kalor biogas maka kadar gas CO_2 harus rendah.

Kandungan gas metana (CH_4) dari biogas dapat ditingkatkan dengan cara memisahkan gas karbon dioksida (CO_2) dan gas hidrogen sulfida (H_2S) yang bersifat korosif dari biogas

Salah satu bahan yang dapat meningkatkan CH_4 dan menurunkan CO_2 adalah *zeolite* melalui proses adsorpsi. Zeolit adalah bahan yang mudah mengikat CO_2 yang terkandung dalam biogas sehingga sangat cocok digunakan dalam proses pemurnian biogas. Berangkat dari permasalahan tersebut, maka perlu kiranya dilakukan penelitian tentang efektifitas penggunaan *zeolite* sebagai pengikat CO_2 dalam upaya pemurnian biogas.

Penelitian ini penting dilakukan untuk memberikan gambaran secara real tentang efektifitas pemurnian kadar CO_2 dalam biogas menggunakan *zeolite* sebagai bahan pemurni biogas. Dengan mengetahui tingkat efektifitas *zeolite* dalam mengikat CO_2 maka dapat dijadikan dasar dalam upaya meningkatkan nilai kalor bahan bakar biogas atau upaya meningkatkan efisiensi pembakaran menggunakan bahan bakar biogas.

Agar *zeolite* dapat bekerja efektif perlu dilakukan aktivasi untuk membuka pori-pori di permukaan yang tertutup oleh pengotor. Proses aktivasi dapat dilakukan secara fisika saja yaitu dengan cara memanaskan pada suhu 300°C selama 2 jam yang sering disebut dengan *heat treatment*, sedangkan aktivasi secara kimia dapat dilakukan dengan merendam *zeolite* menggunakan larutan asam atau basa

Salah satu jenis zat kimia yang dapat digunakan untuk proses aktivasi secara kimia yaitu kalium hidroksida (KOH) atau nama latinnya yaitu *Potassium Hydroxide*. KOH merupakan salah satu senyawa basa kuat yang stabil dan mudah larut dalam air sehingga dapat digunakan sebagai aktivator *zeolite*. Dalam studi eksperimen ini akan diteliti lebih lanjut tentang *zeolite adsorbent* yang diaktivasi secara fisik maupun kimia serta pengaruh variasi kadar senyawa KOH sebagai aktivator *zeolite* terhadap proses pemurnian dan nilai kalor biogas.

LANDASAN TEORI

Biogas yang dihasilkan dari degradasi limbah organik dalam *anaerobic digester* merupakan energi tanpa menggunakan material yang masih memiliki manfaat termasuk biomassa sehingga biogas tidak merusak keseimbangan karbondioksida yang diakibatkan oleh penggundulan hutan (*deforestation*) dan perusakan tanah.

Energi biogas dapat berfungsi sebagai energi pengganti bahan bakar fosil sehingga akan menurunkan gas rumah kaca di atmosfer dan emisi lainnya. Metana merupakan salah satu gas rumah kaca yang keberadaannya di atmosfer akan meningkatkan temperatur. Penggunaan biogas sebagai bahan bakar maka akan mengurangi gas metana di udara. (Zachrayni I, 2009).

Nilai Potensial Biogas

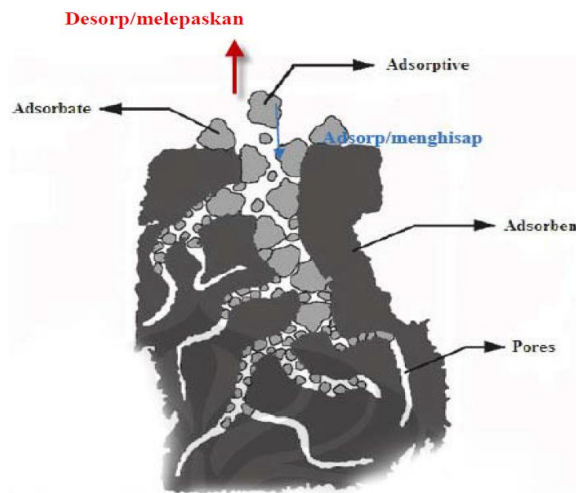
Biogas yang bebas pengotor (H_2O , H_2S , CO_2 dan partikulat lainnya) telah mencapai kualitas *pipeline* adalah setara dengan gas alam. Dalam bentuk ini gas tersebut dapat digunakan sama seperti penggunaan gas alam. Pemanfaatannyapun telah layak sebagai bahan baku pembangkit listrik, pemanas ruangan, dan pemanas air. Jika dikompresi, biogas dapat menggantikan gas alam terkompresi yang digunakan pada kendaraan. Di Indonesia pemanfaatan biogas ini akan terus meningkat karena adanya bahan baku biogas yang melimpah dan rasio antara energi biogas dan energi minyak bumi yang menjanjikan.

Adsorpsi

Adsorpsi adalah pengumpulan dari adsorbat pada permukaan adsorben, sedang absorpsi adalah penyerapan dari adsorbat dalam adsorben yang disebut dengan fenomena absorpsi. Materi atau partikel yang diadsorpsi disebut adsorbat, sedang bahan yang berfungsi sebagai pengadsorpsi disebut adsorben (Braddy, 1999).

Proses adsorpsi terjadi ketika suatu fluida (gas atau cair) terikat pada suatu padatan dan membentuk suatu lapisan tipis pada permukaan padatan tersebut. Mekanisme terjadinya proses adsorpsi dapat dilihat pada **Gambar 1**, padatan berpori yang dapat menghisap dan melepaskan suatu fluida disebut adsorben

Adsorpsi dibedakan menjadi dua jenis, yaitu adsorpsi fisik dan adsorpsi kimia. Adsorpsi fisik merupakan adsorpsi dimana gas terlarut dalam cairan penyerap tidak disertai dengan reaksi kimia.



Gambar 1. Mekanisme Proses Adsorpsi
(Sumber : Braddy, D. and Duncan, J.R. 1994)

Penyerapan terjadi karena adanya interaksi fisik yaitu proses perpindahan massa yang terjadi antara gas yang diadsorpsi dan larutan pengadsorpsi, proses tersebut karena adanya gaya *Van der Waals*. Sedangkan adsorpsi kimia merupakan adsorpsi dimana gas terlarut dalam larutan penyerap disertai dengan reaksi kimia.

Biogas yang dihasilkan dari proses anaerob terkadang tidak murni dan masih banyak mengandung zat lain misalnya kadar air yang masih tinggi.

Cara untuk mengurangi kadar air tersebut adalah dengan melakukan proses adsorpsi dengan *zeolite* sebagai adsorbennya. adsorben yang paling baik digunakan dalam proses adsorpsi adalah *zeolite* (Perry, R.H., 1997).

Dalam keadaan normal, *zeolite* berisi molekul air bebas. Bila kristal *zeolite* dipanaskan maka air tersebut akan menguap dan *zeolite* dapat difungsikan sebagai penyerap cairan/gas. Karakteristik lain dari *zeolite*, mempunyai *surface area* yang besar, *molecular sieve*, dan mempunyai kapasitas yang besar serta harga *zeolite* relatif murah.

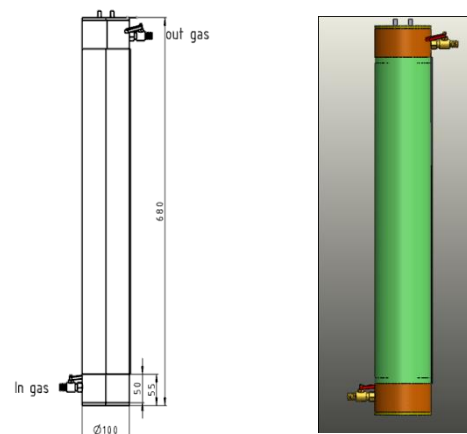
Agar proses adsorpsi *zeolite* berlangsung lebih cepat maka sebelum digunakan sebaiknya dilakukan proses aktivasi terlebih dahulu. Proses aktivasi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu secara fisik dengan proses *heat treatment* dan secara kimiawi dengan menggunakan larutan asam atau basa. Salah satu jenis zat kimia yang dapat digunakan untuk proses aktivasi secara kimia yaitu kalium hidroksida (KOH) atau nama latinnya yaitu *Potassium Hydroxide*. KOH merupakan salah satu senyawa basa kuat yang stabil dan mudah larut dalam air sehingga dapat digunakan sebagai aktivator *zeolite*.

Dalam studi eksperimen ini akan diteliti *zeolite adsorbent* yang diaktivasi secara fisik maupun kimia serta pengaruh variasi kadar senyawa KOH sebagai aktivator *zeolite* terhadap proses pemurnian.

METODE PENELITIAN

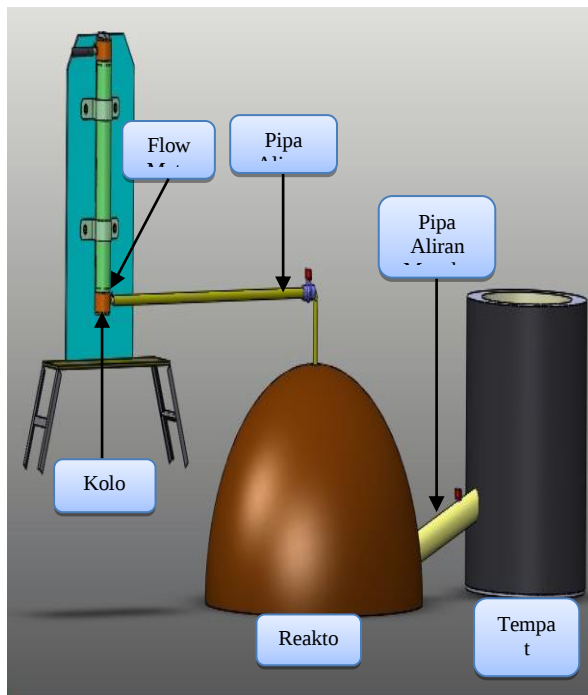
Dalam penelitian ini, pemurnian biogas dilakukan dengan cara penyerapan menggunakan *zeolite* alam yang telah diaktivasi secara kimia dan fisik menggunakan KOH. Konsentrasi senyawa KOH yang di tambahkan ke dalam *zeolite* dengan prosentase 20%; 25%; dan 30 %. Campuran *zeolite* dan KOH kemudian dilakukan proses pemanasan (*heat treatment*) pada suhu sebesar 300 °C selama 2 jam, menggunakan *furnace*.

Perendaman KOH dilakukan selama 1 jam pada suhu kamar. Kolom adsorpsi diperlihatkan pada Gambar 2 sedangkan rangkaian alat biogas ditunjukkan pada Gambar 3



Gambar 2 Kolom Adsorpsi
(Sumber : Hasil rancangan penelitian,2014)

Diameter kolom adsorpsi sebesar 10 cm tinggi unggun 32 cm.



Penelitian dilakukan secara kontinu dengan laju alir 10L/menit selama 90 menit, biogas yang digunakan untuk proses adsorpsi berasal dari kotoran sapi yang difermentasi secara anaerobik pada sebuah peternakan sapi di kawasan Bandung Barat.

Proses pemurnian biogas secara adsorpsi menggunakan *zeolite* dengan ketinggian 32 cm, dengan ukuran *zeolite* (mesh) sebesar 18 dan waktu pengamatan sebesar 0, 45 dan 90 menit.

Sampling dilakukan secara duplo pada setiap waktu pengamatan dan diamati menggunakan alat GC (*Gas Chromatografi*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

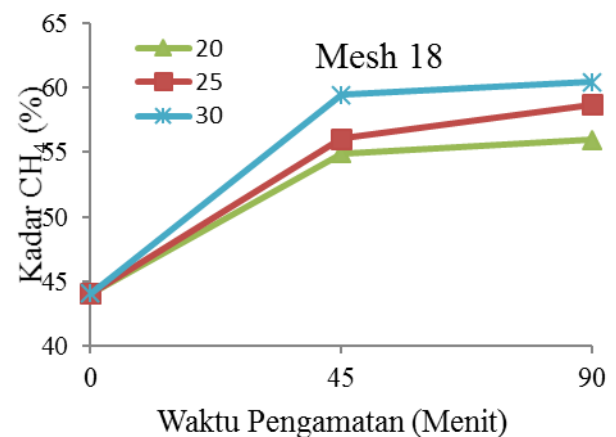
Penggunaan *zeolite* sebagai adsorber dibutuhkan suatu proses aktivasi untuk meningkatkan sifat khusus *zeolite* sebagai adsorben dan menghilangkan unsur pengotor (Rosita dkk., 2004).

Aktivasi secara fisik bertujuan untuk meningkatkan kemampuan *zeolite* dalam menyerap

gas pengotor sehingga proses adsorpsi berjalan dengan cepat, aktivasi secara kimia bertujuan untuk menghilangkan oksida-oksida pengotor yang menutupi permukaan pori.

Aktivasi secara kimia dan fisik bertujuan untuk memperoleh kadar CH_4 yang tinggi sesudah dilakukan proses adsorpsi dengan *zeolite*.

Untuk melihat pengaruh aktivasi secara kimia digunakan larutan KOH yang divariasikan konsentrasinya yaitu sebesar 20, 25 dan 30%. Hasil analisis terhadap adsorpsi *zeolite* secara fisika kimia menghasilkan hubungan perolehan gas CH_4 dengan waktu pengamatan seperti yang dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 hubungan antara kadar CH_4 dengan Waktu pengamatan

Dari Gambar 4 terlihat semakin lama waktu pengamatan semakin tinggi perolehan kadar CH_4 dan semakin tinggi konsentrasi KOH yang digunakan semakin tinggi perolehan kadar CH_4 . Pada penggunaan konsentrasi KOH 20% perolehan CH_4 sebesar 55.59%, sedangkan penggunaan KOH tertinggi yaitu sebesar 30% dapat menghasilkan kadar CH_4 sebesar 60.43%.

Hal ini menunjukkan semakin tinggi kadar larutan KOH maka proses aktivasi kimiawi akan semakin optimal sehingga kemampuan adsorpsi *zeolite* meningkat. Aktivasi secara kimia berfungsi untuk membersihkan zat-zat pengotor yang ada dipermukaan *zeolite* contohnya senyawa anorganik yaitu silika dan alumina.

Menurut Holleman, A. F.& Wiberg, E.; 2001, senyawa anorganik tidak larut dalam air namun dapat bereaksi dengan larutan KOH yang digunakan, akibatnya rongga-rongga yang ada pada permukaan *zeolite* semakin lebar sehingga gas-gas pengotor biogas yang dapat terserap juga semakin banyak

Pengaruh kadar senyawa KOH pada zeolite terhadap kandungan gas CH₄ biogas pada Gambar 4, memperlihatkan semakin lama waktu pengamatan dan semakin tinggi penggunaan KOH semakin meningkat kadar CH₄ nya.

Peningkatan gas CH₄ disebabkan terserapnya gas CO₂ dan H₂S yang terkandung dalam biogas. Selanjutnya gas CO₂ akan terurai menjadi satu atom C dan dua atom O, sedangkan gas H₂S akan terurai menjadi dua atom H dan satu atom S. Timbulnya kandungan H₂ yang diperoleh dari proses penguraian H₂S akan menyebabkan terjadinya reaksi kimia dengan atom C yang diperoleh dari penguraian CO₂ sehingga menghasilkan gas CH₄. Proses ini disebut dengan reaksi *metanogen hidrogenotrofik* yaitu proses untuk menghasilkan gas CH₄ melalui reaksi kimia antara gas CO₂ sebagai sumber karbon dengan gas H₂ sebagai reduktor (Peters *et. al* :1995).

SIMPULAN

Dari hasil penelitian, analisis data dan pembahasan selanjutnya dapat diambil kesimpulan bahwa: Waktu purifikasi yang semakin lama sampai 90 menit, KOH yang semakin besar yaitu 30% menyebabkan prosentase CO₂ dalam biogas semakin menurun dan prosentase CH₄ dalam biogas semakin meningkat. Pada kondisi ini kadar CH₄ mencapai 60,43% , CO₂ 28.04%.

SARAN

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memvariasikan laju alir dan tinggi unggun agar

didapat hasil yang lebih optimal dengan kadar CH₄ diatas 75%

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada sdr Yayan Maulana dan Fachrudin Jurusan Teknik Kimia Polban angkatan 2011 yang telah berpartisipasi dalam penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

Braddy, D. and Duncan, J.R. (1994). Bioaccumulation of Metal Cations by *Saccharomyces cerevisiae*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **4**, 149-154.

Holleman, A. F.& Wiberg, E.; 2001: *Inorganic Chemistry*; Academic Press, San Diego; diakses tanggal 11 November 2011.

Perry, R. H., 1997, *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 7th Edition, Mc. Graw Hill, Singapore

Peters, V; Conrad, R; 1995: *Methanogenic and Other Strictly Anaerobic Bacteria In desert Soil and Other Toxic Soi, Applied and Environmentalmicrobimicrobiology*

Price, E.C & Cheremisinoff, P. N; 1981: *Biogas Production and Utilization*; Ann Arbor Science Publishers Inc, United States of America

Rosita N., Erawati T., dan Moegihardjo M., (2004). *Pengaruh Perbedaan Metode Aktivasi Terhadap Efektivitas Zeolit sebagai Adsorben*. Majalah Farmasi Airlangga Vol 4 No. 1.

Zachrayni, I. (2009). Antisipasi Masyarakat Terhadap Krisis Energi <http://en.wikipedia.org/wiki/Methanogen>; diakses tanggal 11 November 2011