

## Peningkatan Kualitas Bahan Bakar Biogas Melalui Proses Pemurnian Dengan Zeolit Alam

Nurkholis Hamidi, ING. Wardana, Denny Widhiyanuriyawan  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang  
Jl. MT.Haryono 167 Malang 65145, Indonesia  
E-mail: [nurkholishamidi@yahoo.com](mailto:nurkholishamidi@yahoo.com)

### Abstract

*Biogas from digester consists primarily of methane (CH<sub>4</sub>) and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>). Trace components that are often present in biogas are water vapor (H<sub>2</sub>O), hydrogen sulfide (H<sub>2</sub>S), hydrocarbons (HC), ammonia (NH<sub>3</sub>), oxygen (O<sub>2</sub>), carbon monoxide (CO) and nitrogen (N<sub>2</sub>). In order to improve the quality of biogas, a cleaning process to remove the trace components and an upgrading process to adjust the calorific value are needed. A number of techniques have been developed to remove the trace components from biogas. In this experiment, however, chemical absorption of CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>S by solid zeolite in a plastic bag was experimentally investigated. The solid zeolite was activated by heat treatment and KOH. Absorption characteristics were examined. Test results revealed that the solid zeolite used were effective in adsorbed CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>S in biogas, creating CH<sub>4</sub> enriched fuel. Absorption capability was transient in nature. With regular replacement or regeneration of used solid zeolite, upgraded biogas can be maintained. This technique proved to be promising in upgrading biogas quality.*

**Keywords:** KOH compound, calorific value of biogas, zeolite.

### PENDAHULUAN

Ketergantungan manusia terhadap bahan bakar fosil menyebabkan cadangan sumber energi tersebut makin lama semakin berkurang, selain itu berdampak pula pada lingkungan, seperti polusi udara. Hal ini membuat banyak kalangan sadar bahwa ketergantungan terhadap bahan bakar fosil harus segera dikurangi. 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<sub>4</sub>), gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), gas oksigen (O<sub>2</sub>), gas hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S), gas hidrogen (H<sub>2</sub>), dan gas karbon monoksida (CO). Dari semua unsur tersebut yang berperan dalam menentukan kualitas biogas yaitu gas metana (CH<sub>4</sub>) dan gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Bila kadar CH<sub>4</sub> tinggi maka biogas tersebut akan memiliki

nilai kalor yang tinggi. Sebaliknya jika kadar CO<sub>2</sub> yang tinggi maka akan mengakibatkan nilai kalor biogas tersebut rendah. Maka dari itu untuk meningkatkan nilai kalor biogas maka kadar gas CO<sub>2</sub> harus rendah. Kandungan gas metana (CH<sub>4</sub>) dari biogas dapat ditingkatkan dengan cara memisahkan gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan gas hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S) yang bersifat korosif dari biogas [1].

Untuk mengatasi permasalahan di atas telah dilakukan usaha-usaha untuk pemurnian biogas. Wahono dkk [2] meneliti proses pemurnian biogas dengan menggunakan *zeolite* yang telah diaktivasi dengan larutan NaOH dan *zeolite* tersebut dimodifikasi dengan mencampurkan beberapa material seperti bentonit, kaolin lokal Semin – Gunung Kidul, gamping, tapioka/kanji, dan kitosan cair. Selain itu usaha lain yang juga pernah dilakukan untuk peningkatan kualitas dan kuantitas biogas yaitu dengan penambahan karbon aktif dan penggunaan *scrubber* CO<sub>2</sub> [3]. Penambahan karbon aktif dalam bahan baku yaitu berupa kotoran sapi berfungsi untuk meningkatkan nisbah C/N, yang

dapat memperbaiki proses pencernaan anaerob dan mendapatkan kondisi optimum dalam menghasilkan gas metan. Penelitian tersebut juga menggunakan *scrubber* CO<sub>2</sub> dengan larutan Ca(OH)<sub>2</sub> (air kapur) dan larutan KOH. Ahmadi dkk [4] juga melakukan penelitian mengenai aktivasi *zeolite* alam dan penggunaannya untuk pemurnian tokoferol dari distilat asam lemak minyak kelapa sawit. Dalam penelitian tersebut *zeolite* diaktivasi secara fisik dengan proses *heat treatment* menggunakan suhu yang bervariasi yaitu 500, 600, dan 700 °C.

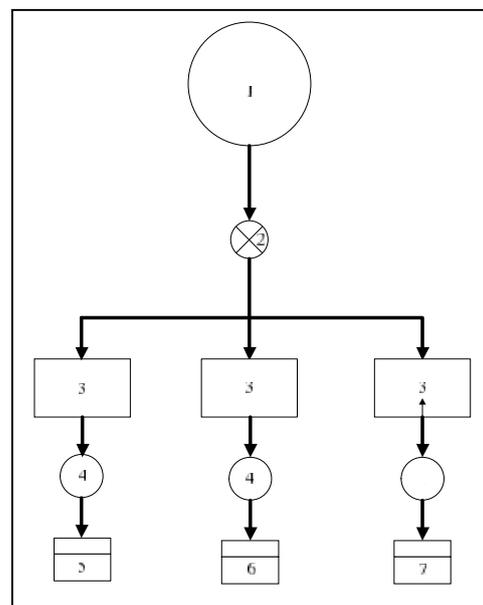
Selain contoh-contoh di atas, upaya pemurnian biogas dapat dilakukan dengan berbagai macam metode seperti penyerapan gas CO<sub>2</sub>, penyerapan gas H<sub>2</sub>S, *siloxane removal* dan lain sebagainya. Di antara berbagai macam metode pemurnian biogas tersebut yang menarik untuk dikaji yaitu dengan menggunakan *adsorbent*. *Adsorbent* adalah zat yang dapat menyerap fluida, baik cair maupun gas sehingga nantinya akan membentuk lapisan tipis pada permukaan zat tersebut. Salah satu jenis *adsorbent* yang dapat digunakan adalah *zeolite*. *Zeolite* dipilih karena selain mudah didapat, harganya pun juga cukup 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 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.

**METODOLOGI PENELITIAN**

Dalam penelitian ini, pemurnian biogas kami lakukan dengan system penyerapan menggunakan *zeolite* alam yang telah di aktivasi menggunakan KOH. Konsentrasi senyawa KOH kami tambahkan ke dalam *zeolite* dengan prosentase 0%; 5%; 10%; dan 15 %. Campuran *zeolite* dan KOH kemudian dilakukan proses *heat treatment* dengan temperatur sebesar 300 °C selama 2 jam.



- Keterangan:
1. *Digester* biogas.
  2. Kran pengambilan sampel biogas.
  3. Kantong plastik dan *adsorbent* (*zeolite* dan KOH).
  4. Balon plastik.
  5. *Gas analyzer*.
  6. *Datalogging gas monitor* (Multilog 2000).
  7. *Gas chromatography*.

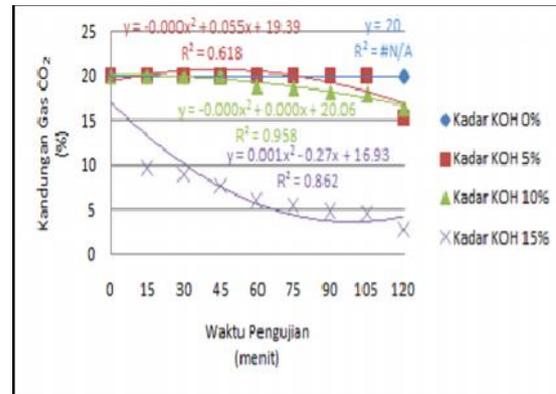
Gambar 1. Instalasi penelitian

Gambar 1 menunjukkan instalasi penelitian. Proses pemurnian biogas dilakukan dengan cara memasukkan biogas dan *zeolite adsorbent* ke dalam kantong plastik. Setelah terjadi proses penyerapan gas impurities oleh *zeolite* kemudian dilakukan pengukuran kandungan biogas menggunakan *gas analyzer*, *datalogging gas monitor*, dan *gas chromatography*. Pada penelitian ini waktu

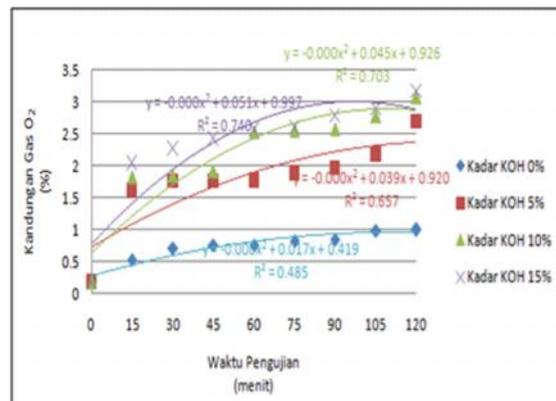
penyerapan divariasikan dalam 15; 30; 45; 60; 75; 90; 105; dan 120 menit.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Gambar 2 menunjukkan grafik pengaruh kadar senyawa KOH pada *zeolite* terhadap kandungan gas CO<sub>2</sub> biogas. Pada grafik ini tampak bahwa dengan waktu pengujian yang sama kandungan gas CO<sub>2</sub> cenderung menurun seiring bertambahnya kadar senyawa KOH. Sebagai contoh pada *zeolite* yang diaktivasi dengan senyawa KOH 15%, kandungan gas CO<sub>2</sub> yang semula sebesar 20% setelah 120 menit berkurang menjadi 2,75%. Penurunan ini merupakan yang paling besar bila dibandingkan dengan menggunakan *zeolite* lain yang diaktivasi dengan kadar senyawa KOH yang lebih rendah. Hal ini menunjukkan semakin tinggi kadar senyawa KOH maka proses aktivasi kimiawi akan semakin optimal sehingga kemampuan adsorpsi *zeolite* meningkat. Aktivasi secara kimia berfungsi untuk membersihkan zat-zat pengotor yang ada di permukaan *zeolite* contohnya yaitu senyawa anorganik seperti silika dan alumina. Menurut Holleman [5] senyawa anorganik tidak dapat larut dalam air namun dapat bereaksi dengan larutan KOH, sehingga bila kadar senyawa KOH yang digunakan untuk aktivasi semakin besar maka zat-zat pengotor yang ada pada permukaan *zeolite* akan semakin sedikit, akibatnya rongga-rongga yang ada pada permukaan *zeolite* semakin lebar sehingga gas-gas pengotor biogas yang dapat terserap juga semakin banyak. Hal ini juga sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Sriharti, [3], mengenai peningkatan kualitas dan kuantitas biogas dengan menggunakan *scrubber* dengan larutan KOH. Namun dari gambar 5 juga tampak bahwa pada *zeolite* tanpa aktivasi kimiawi (kadar senyawa KOH 0%) tidak terjadi penurunan kandungan gas CO<sub>2</sub>. Hal ini dikarenakan *Gas Analyzer* yang digunakan hanya mampu mendeteksi kandungan gas CO<sub>2</sub> hingga 20% sehingga bila kandungan gas CO<sub>2</sub> lebih dari 20% hasil yang diperoleh tidak begitu akurat.



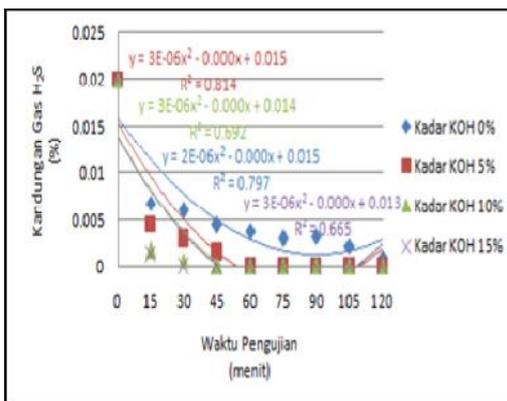
Gambar 2. Grafik pengaruh kadar senyawa KOH pada *zeolite* terhadap kandungan gas CO<sub>2</sub> biogas



Gambar 3. Grafik pengaruh kadar senyawa KOH pada *zeolite* terhadap kandungan gas O<sub>2</sub> biogas

Pengaruh kadar senyawa KOH pada *zeolite* terhadap kandungan gas O<sub>2</sub> biogas yang ditunjukkan oleh gambar 3. Dari grafik tersebut tampak bahwa semakin lama waktu pengujian dan kadar senyawa KOH yang semakin meningkat menyebabkan kandungan gas O<sub>2</sub> pada biogas cenderung semakin tinggi. Peningkatan tertinggi terjadi pada *zeolite* dengan kadar senyawa KOH sebesar 15% dan waktu pengujian selama 120 menit yaitu sebesar 3,17%. Peningkatan kandungan gas O<sub>2</sub> pada biogas disebabkan oleh proses penguraian gas CO<sub>2</sub> yang terserap oleh *zeolite*. Gas CO<sub>2</sub> yang terserap tersebut akan diurai

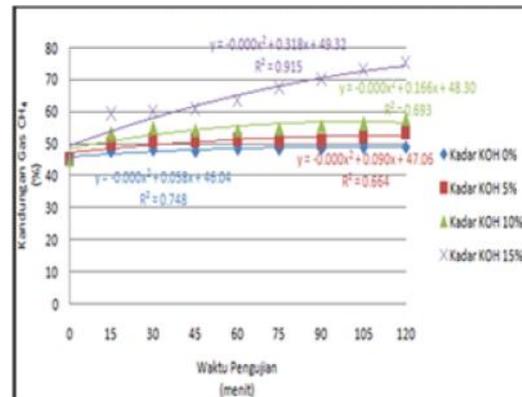
menjadi satu atom C dan dua atom O. Atom C akan tetap terperangkap di rongga-rongga *zeolite* sedangkan atom O akan diteruskan sehingga menyebabkan kandungan  $O_2$  meningkat. Menurut IUPAC [7] penyebab terjadinya penguraian gas  $CO_2$  ada 3 macam, yaitu akibat reaksi termal, elektrolisis, dan katalis. *Zeolite* memiliki sifat yaitu sebagai katalis sehingga proses penguraian  $CO_2$  dapat terjadi. Berikut ini adalah contoh reaksi kimia penguraian  $CO_2$  :  $2CO_2 \rightarrow 2CO + O_2$ . Pada *zeolite* dengan kadar senyawa KOH 15% tampak bahwa kandungan  $O_2$  mengalami penurunan setelah menit ke 90. Penurunan ini terjadi karena proses penguraian gas  $CO_2$  mengalami penurunan sehingga gas  $O_2$  juga mengalami penurunan.



Gambar 4. Grafik pengaruh kadar senyawa KOH pada *zeolite* terhadap kandungan gas  $H_2S$

Gambar 4 menunjukkan bagaimana pengaruh kadar senyawa KOH pada *zeolite* terhadap kandungan gas  $H_2S$ . Dari gambar tersebut tampak bahwa semakin tinggi kadar senyawa KOH pada *zeolite* maka kandungan gas  $H_2S$  dalam biogas juga menurun. Penurunan kandungan gas  $H_2S$  yang cukup signifikan terjadi pada *zeolite* dengan kadar senyawa KOH 15%. Gas  $H_2S$  yang semula sebesar 0,02% dalam waktu 30 menit kandungan gas  $H_2S$  dalam biogas menjadi 0%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar senyawa KOH pada *zeolite* menyebabkan

aktivasi kimia menjadi semakin optimal sehingga kemampuan adsorpsi *zeolite* juga meningkat.



Gambar 5. Grafik pengaruh kadar senyawa KOH pada *zeolite* terhadap kandungan gas  $CH_4$  biogas

Grafik selanjutnya yaitu grafik pengaruh kadar senyawa KOH pada *zeolite* terhadap kandungan gas  $CH_4$  biogas yang ditunjukkan oleh Gb.5. Dari grafik tersebut tampak bahwa semakin lama waktu pengujian dan dengan kadar senyawa KOH yang semakin meningkat maka kandungan gas  $CH_4$  dalam biogas semakin tinggi. Peningkatan kandungan gas  $CH_4$  disebabkan oleh terserapnya gas  $CO_2$  dan gas  $H_2S$  yang terkandung dalam biogas. Selanjutnya gas  $CO_2$  akan terurai menjadi satu atom C dan dua atom O, sedangkan gas  $H_2S$  akan terurai menjadi dua atom H dan satu atom S. Timbulnya kandungan  $H_2$  yang diperoleh dari proses penguraian  $H_2S$  akan menyebabkan terjadinya reaksi kimia dengan atom C yang diperoleh dari penguraian  $CO_2$  sehingga menghasilkan gas  $CH_4$ . Proses ini disebut dengan reaksi metanogen hidrogenotrofik yaitu proses untuk menghasilkan gas  $CH_4$  melalui reaksi kimia antara gas  $CO_2$  sebagai sumber karbon dengan gas  $H_2$  sebagai reduktor (Peters *et. al* :1995).

## KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa lama

waktu pengujian dan kadar senyawa KOH pada *zeolite* berpengaruh terhadap nilai kalor biogas, dimana semakin tinggi kadar senyawa KOH yang digunakan, kemampuan adsorpsi *zeolite* semakin meningkat sehingga mengakibatkan nilai kalor biogas semakin tinggi. Selain itu kemampuan adsorpsi *zeolite* akan menurun jika digunakan terus menerus yang diakibatkan oleh terbentuknya lapisan film pada permukaan *zeolite*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Price, E.C & Cheremisinoff, P. N; 1981: *Biogas Production and Utilization*; Ann Arbor Science Publishers Inc, United States of America.
- [2] Wahono, S. K., Maryana, R., Kismurtono, M., Khoirunnisa., Poeloengasih, C. D; 2010: *Modifikasi Zeolit Lokal Gunungkidul Sebagai Upaya Peningkatan Performa Biogas Untuk Pembangkit Listrik*; Makalah dalam Seminar Rekayasa Kimia dan Proses 2010; Universitas Diponegoro, Semarang
- [3] Sriharti; 1989: *Pengaruh Penambahan Karbon Aktif dan Pemakaian Scrubber CO<sub>2</sub> Terhadap Kualitas Dan Kuantitas Biogas*; Agritech; Vol. 9. No 2:1-14.
- [4] Ahmadi KGS., Hastuti Pudji. & Tranggono; 1997: *Aktivasi Zeolit Alam Dan Penggunaannya Untuk Pemurnian Tokoferol Dari Distilat Asam Lemak Minyak Sawit*; Jurnal Teknologi Hasil Perkebunan; 10 (2B):247-258.
- [5] Holleman, A. F.& Wiberg, E.; 2001: *Inorganic Chemistry*; Academic Press, San Diego; diakses tanggal 11 November 2011.
- [6] IUPAC; 1997: *Compendium of Chemical Terminology*; [http://en.wikipedia.org/wiki/Chemical de composition](http://en.wikipedia.org/wiki/Chemical_decomposition); diakses tanggal 11 November 2011.
- [7] Mitzlaff, K. V; 1988: *Engines for Biogas: Theory, Modification, Economic Operation*; Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn
- [8] Peters, V; Conrad, R; 1995: *Methanogenic and Other Strictly Anaerobic Bacteria In desert Soil and Other Toxic Soi, Applied and Environmental Microbiology*; <http://en.wikipedia.org/wiki/Methanogen> ; diakses tanggal 11 November 2011.