



## PENGARUH AKTIVASI FISIKA TERHADAP ZEOLIT ALAM LAMPUNG SEBAGAI ADSORBEN GAS CO<sub>2</sub> DARI BIOGAS

Sri Ismiyati Damayanti<sup>1)</sup>, Simparmin Br Ginting<sup>1)</sup>, Nur Khasanah<sup>1)</sup>, Octe Via Devi<sup>1)</sup> dan Yoannika Suci Aufa<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung  
Jl. Prof. Dr. Soemantri Brodjonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145  
Surel: mya\_wid@yahoo.com

### ABSTRACT

Purification of biogas from CO<sub>2</sub> has been done by using adsorbents of Lampung Natural Zeolite (ZAL), but its low purity affect its lower adsorption effectiveness to CO<sub>2</sub>, therefore it is necessary to do activation process ahead to obtain larger surface area which will be used to adsorb CO<sub>2</sub> from the biogas. The activation carried out toward ZAL is a kind of physical activation, by reducing ZAL particle size to 12, 15, and 20 mesh and heating of ZAL at temperatures of 200°C, 300°C and 400°C. ZAL was placed inside an adsorber column with 33 cm height and diameter of 5 cm. Operating Conditions of adsorption process carried out at room temperature, 1 atm of pressure, and biogas flow rate of 1.2 l/min. The results shows that the best activation condition of ZAL occurred when ZAL size is 20 mesh and activation temperature at 200°C which finely adsorb CO<sub>2</sub> up to 81.3%. Through ZAL analysis using BET, it can be found that the surface area of ZAL is 31.995 m<sup>2</sup>/g, 0.1024 cc/g of pore volume, and 128.040 Å of average pore diameter D<sub>v</sub>(d). And it can also be known from BET that the surface area of ZAL is quite small, so ZAL quickly saturated.

Keyword: adsorption, activation, ZAL.

### ABSTRAK

Pemurnian biogas kotoran sapi dari CO<sub>2</sub> telah dilakukan dengan menggunakan adsorben Zeolit Alam Lampung (ZAL), namun karena ZAL memiliki kemurnian rendah yang menyebabkan efektivitas/ penjerapan terhadap gas CO<sub>2</sub> rendah, maka perlu dilakukan aktivasi terlebih dahulu untuk memperoleh luas permukaan yang besar yang akan digunakan untuk menjerap gas CO<sub>2</sub> dari biogas. Aktivasi yang dilakukan terhadap ZAL adalah aktivasi fisika berupa pengecilan ukuran partikel ZAL yaitu 12, 15, dan 20 mesh dan pemanasan ZAL pada suhu 200°C, 300°C, dan 400°C. ZAL diletakkan didalam kolom adsorber dengan tinggi dan diameter kolom adsorber yaitu 33 cm dan 5 cm. Kondisi Operasi proses adsorpsi dilakukan pada suhu ruangan, tekanan 1 atm, dan laju alir biogas 1,2 l/menit. Hasil penelitian menunjukkan kondisi aktivasi terbaik yaitu ZAL ukuran 20 mesh dan suhu aktivasi 200°C yang mampu menjerap CO<sub>2</sub> hingga 81,3%. Hasil analisis ZAL menggunakan BET yaitu *surface area* sebesar 31,995 m<sup>2</sup>/g, *pore volume* sebesar 0,1024 cc/g, dan *average pore diameter D<sub>v</sub>(d)* sebesar 128,040 Å. Dari hasil BET dapat diketahui bahwa luas permukaan ZAL kecil, sehingga ZAL cepat sekali jenuh.

Kata kunci: Adsorpsi, Aktivasi, ZAL.



## PENDAHULUAN

ZEOLIT, satu nama mineral yang demikian ampuh dan hebat sehingga dapat dijadikan sebagai absorben (Chetam, 1992). Zeolit merupakan kristalin aluminasilikat dengan kerangka anionik kaku, terdiri dari saluran dan rongga. Rongganya berisi kation logam yang dapat dipertukarkan, seperti:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , dan lain-lain, dan dapat mengikat molekul air. Rumus umum zeolit adalah:  $\text{M}_x/n[(\text{SiO}_2)_y (\text{AlO}_2)_x] \cdot m\text{H}_2\text{O}$ , dimana kation M dengan valensi n menetralkan muatan negatif pada kerangka aluminasilikat.  $\text{SiO}_2)_y (\text{AlO}_2)_x$  sebagai kerangka, dan  $\text{H}_2\text{O}$  sebagai pengisi pori, rongga, dan saluran zeolit. Struktur zeolit yang penting yang dapat dimanfaatkan untuk katalis, adsorben dan penyaring molekular adalah gabungan antara pori dan rongga membentuk sistem saluran berkelok-kelok sepanjang struktur. Rongganya merupakan dimensi molekular dan dapat mengadsorp spesies yang cukup kecil Trisunaryati (2009). Di Propinsi Lampung terdapat cadangan zeolit sebesar 2,14 juta  $\text{m}^3$  dengan cadangan yang diprediksi sebesar 8 juta  $\text{m}^3$ (Asriani, 2008). Meskipun keberadaan zeolit alam Lampung (ZAL) melimpah, namun untuk dapat digunakan sebagai absorben dan katalis yang aktivitasnya tinggi, maka zeolit alam harus dimurnikan dari pengotor-pengotor amorpis (kuarsa) dan bebatuan lainnya.

Disisi lain, program konversi minyak tanah ke LPG merupakan program pemerintah terkait dengan pengalihan penggunaan bahan bakar minyak tanah ke bahan bakar gas LPG. Tujuan diberlakukannya program ini adalah untuk mengurangi subsidi minyak tanah. Karena LPG dinilai lebih hemat, bersih, dan cepat daripada penggunaan minyak tanah. Untuk masyarakat pedesaan peralihan bahan bakar ke gas elpiji masih menjadi kendala, karena adanya pengeluaran tambahan untuk membeli gas elpiji. Selama ini masih banyak masyarakat menggunakan bahan bakar kayu untuk memasak. Disisi lain



daerah pedesaan memiliki potensi besar untuk menghasilkan bahan bakar gas berupa gas methane. Salah satu potensi penghasil gas metana adalah kotoran ternak sapi (Fadli *et al.*, 2013). Biogas merupakan bahan bakar yang dapat terbaru yang dihasilkan melalui proses fermentasi limbah organik seperti sampah, sisa-sisa makanan, kotoran hewan dan limbah industri makanan. Biogas yang dibuat dari kotoran ternak sapi mengandung gas metana ( $\text{CH}_4$ ) sebesar 55 – 65 %, gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) sebesar 30 – 35 %, sedikit gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ), gas nitrogen ( $\text{N}_2$ ) dan gas – gas lain. Meskipun Provinsi Lampung memiliki potensi biogas yang besar namun kalori yang dihasilkan oleh biogas dari kotoran sapi masih lebih rendah yaitu sebesar 600 BTU/cuft dibandingkan kalori yang dihasilkan oleh biogas yang dibuat dari gas alam yaitu sebesar 1000 BTU/cuft. Hal ini disebabkan karena biogas dari kotoran sapi mempunyai kadar gas  $\text{CH}_4$  sebesar 55 – 65 %, sedangkan biogas dari gas alam mempunyai kadar gas  $\text{CH}_4$  sebesar 80%. Kualitas biogas dari kotoran ternak sapi dapat ditingkatkan dengan menghilangkan gas-gas pengotor seperti  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ , dan uap air. Salah satu metode yang dapat dilakukan untuk pemurnian biogas adalah dengan metode adsorpsi menggunakan adsorben Zeolit Alam Lampung (ZAL). Pemilihan ZAL sebagai adsorben dikarenakan kemampuan yang dimiliki zeolit sebagai penjerap senyawa polar seperti air, uap air, dan gas-gas yang polar, keberadaannya yang melimpah, harganya relatif murah, mudah diperoleh, dan dapat diregenerasi, oleh karena itu zeolit banyak diaplikasikan sebagai material untuk pemisahan dan pemurnian gas-gas. Meskipun ZAL mempunyai kemampuan sebagai adsorben gas-gas, namun efektifitas (aktivitas) penjerapannya kecil, hal ini dikarenakan zeolit alam memiliki kemurnian yang rendah yang disebabkan oleh adanya pengotor-pengotor berupa logam-logam oksida seperti  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{TiO}_2$ . yang menutupi pori-pori dan saluran zeolit yang menyebabkan tidak efektifnya proses



penjerapan. Untuk meningkatkan efektivitas penjerapan zeolit alam dapat dilakukan modifikasi melalui perlakuan panas (aktivasi fisik) (Ackley *et al.*, 2003).

Penelitian tentang pemanfaatan zeolit (zeolit alam maupun zeolit sintetis) sebagai adsorben pada pemurnian biogas untuk meningkatkan kualitas biogas telah banyak dilakukan, diantaranya Apriyanti, 2011 telah melakukan penelitian adsorpsi gas CO<sub>2</sub> dari biogas menggunakan zeolit sintetis 4A dan zeolit sorbead 3A dengan tujuan untuk mengetahui daya adsorpsi pada masing-masing zeolit. Diperoleh hasil bahwa zeolit yang baik digunakan untuk proses adsorpsi CO<sub>2</sub> pada pemurnian biogas adalah sintetis 4A, karena mampu mengadsorp CO<sub>2</sub> sebanyak 18,70%, sedangkan zeolit sorbead 3A mampu mengadsorp CO<sub>2</sub> sebanyak 9,86%.

## **BAHAN DAN METODE**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Penelitian dan Laboratorium Operasi Teknik Kimia, Jurusan Teknik Kimia dan pekon Kediri, Desa Gading Rejo, Kecamatan Gedong Tataan, Kabupaten Pesawaran, Lampung dari bulan Agustus 2014 – September 2015. Proses preparasi meliputi penggerusan dan pengayakan zeolit agar didapat ukuran partikel zeolit yang diinginkan, serta pencucian dan pengeringan zeolit. Penggerusan zeolit dilakukan menggunakan mortal, sedangkan pengayakan zeolit dilakukan menggunakan ayakan mesh.

Proses aktivasi fisika meliputi penggerusan ZAL menggunakan gilingan porselin dan mengayaknya dengan variasi ukuran 10, 15, dan 20 mesh masing-masing sebanyak 300gr. Kemudian dipanaskan di dalam *furnace* pada suhu pemanasan 200°C selama 3 jam, kemudian didinginkan di dalam desikator. Selanjutnya dilakukan uji adsorpsi dengan tujuan untuk mengetahui variasi ukuran zeolit terbaik pada suhu pemanasan 200°C untuk

penjerapan  $\text{CO}_2$  pada biogas. Setelah diketahui variasi ukuran yang terbaik, ukuran zeolit tersebut diaktivasi fisik di dalam *furnace* dengan variasi suhu pemanasan  $300^\circ\text{C}$ , dan  $400^\circ\text{C}$  selama 3 jam, kemudian didinginkan di dalam desikator. Selanjutnya dilakukan uji adsorpsi, dengan tujuan untuk mengetahui variasi suhu pemanasan aktivasi fisik zeolit terbaik untuk penjerapan  $\text{CO}_2$  pada biogas.

Analisis dilakukan dengan menggunakan BET untuk mengetahui luas permukaan, volume pori, dan diameter pori rata-rata dari adsorben ZAL teraktivasi. Tahap adsorpsi bertujuan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi  $\text{CO}_2$  dari biogas oleh adsorben ZAL yang telah teraktivasi. Tahap ini meliputi ZAL yang telah teraktivasi dan di analisis BET, kemudian dimasukkan ke dalam kolom adsorpsi untuk dilakukan proses adsorpsi biogas. Dimana laju alir biogas 2 l/menit dialirkan ke dalam kolom adsorpsi dan pengamatan dilakukan setiap 1 menit.

Analisis kimia bertujuan untuk mengetahui persentase kandungan gas  $\text{CO}_2$  yang telah teradsorpsi oleh ZAL teraktivasi. Tahap ini berupa pengukuran pH larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  2M, selanjutnya biogas yang telah melewati kolom adsorpsi dikontakkan ke dalam larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  2M sehingga terbentuk endapan kemudian dilakukan pengukuran pH campuran tersebut. PH  $\text{CO}_2$  yang teradsorpsi selanjutnya diplotkan kedalam kurva standar (grafik hubungan antara pH larutan dengan % konsentrasi  $\text{CO}_2$ ). Dari kurva standar tersebut diperoleh persentase kandungan gas  $\text{CO}_2$  yang telah melalui proses adsorpsi ( $\text{CO}_2$  output). Persentase kandungan gas  $\text{CO}_2$  yang telah teradsorpsi diperoleh dari % $\text{CO}_2$  input - %  $\text{CO}_2$  akhir dibagi %  $\text{CO}_2$  input.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian adsorpsi CO<sub>2</sub> menggunakan adsorben ZAL teraktivasi fisik menunjukkan bahwa ukuran zeolit dan temperatur pemanasan sangatlah berpengaruh di dalam proses adsorpsi karena mempengaruhi luas permukaan kontak zeolit terhadap CO<sub>2</sub> yang teradsorp. Untuk mengetahui pengaruh ukuran zeolit dilakukan dengan memvariasikan ukuran zeolit 10 mesh, 15 mesh, dan 20 mesh. Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa penjerapan CO<sub>2</sub> pada menit pertama untuk ukuran ZAL 10 mesh dan 15 mesh CO<sub>2</sub> teradsorp sebesar 43,8% dan ZAL ukuran 20 mesh CO<sub>2</sub> yang teradsorp sebesar 81,3 %. Pada menit ke 3 dan menit ke 4 kemampuan semua ZAL semakin menurun untuk ukuran ZAL 10 mesh dan 15 mesh CO<sub>2</sub> teradsorp sebesar 34,1% dan ZAL ukuran 20 mesh mampu mengadsorp CO<sub>2</sub> lebih besar yaitu sebesar 43,8% hingga akhirnya mencapai kondisi jenuh dimana ZAL tidak mampu lagi mengadsorp CO<sub>2</sub> dari biogas dikarenakan pori aktif ZAL telah jenuh terisi oleh gas CO<sub>2</sub>. Di awal proses adsorpsi masih banyak pori-pori ZAL yang kosong sehingga laju adsorpsi CO<sub>2</sub> ke permukaan adsorben ZAL besar, seiring bertambahnya waktu maka pori-pori ZAL sudah terisi dan sudah penuh sehingga tidak mampu lagi untuk menyerap CO<sub>2</sub>. Dari hasil penelitian ini diperoleh ukuran terbaik adalah ZAL berukuran 20 mesh, hal ini dikarenakan semakin kecil ukuran ZAL maka luas permukaan kontak yang tersedia juga semakin besar sehingga memberikan permukaan yang luas bagi biogas untuk berkontak dengan adsorben ZAL. Dengan demikian maka lebih banyak CO<sub>2</sub> yang akan teradsorp.

Hasil aktivasi fisik ZAL berupa pemanasan dapat dilihat pada Gambar 4. Dari Gambar 4 dapat dilihat penjerapan CO<sub>2</sub> pada menit pertama untuk suhu 200°C sebesar 81,3%, untuk suhu 300°C sebesar 25,1%, sedangkan pemanasan pada 400°C sebesar 24%. Pada menit ke empat penjerapan CO<sub>2</sub> oleh ZAL suhu 300°C dan 400 °C menurun hingga

24,7%, sedangkan pada menit keempat kemampuan penjerapan ZAL pada suhu 200°C mampu menjerap CO<sub>2</sub> lebih tinggi yaitu sebanyak 34,5%, dan akhirnya tidak mampu lagi mengadsorp CO<sub>2</sub> dari biogas dikarenakan poriaktif ZAL telah jenuh terisi oleh gas CO<sub>2</sub>. Dari hasil ini dapat dilihat bahwa pengaruh suhu sangat signifikan terhadap penjerapan CO<sub>2</sub>. Pemanasan yang dilakukan terhadap ZAL pada berbagai suhu ini bertujuan untuk menghilangkan air dan zat-zat volatil yang terdapat di permukaan dan di dalam pori saluran ZAL, sehingga menjadi kosong dan bersih dengan demikian akan menambah luas permukaan kontak dan volume penjerapan dari ZAL tersebut. Namun pemanasan di atas suhu 200°C menunjukkan bahwa CO<sub>2</sub> yang teradsorp semakin kecil. Hal ini diduga telah terjadi kerusakan pada struktur ZAL dikarenakan pemakaian panas terlalu tinggi sehingga kemampuan penjerapan ZAL berkurang/menurun dimana kestabilan zeolit terhadap temperatur tergantung pada jenis kandungan mineral zeolitnya perbandingan Si dengan Al sehingga menyebabkan berkurangnya kemampuan ZAL untuk menjerap CO<sub>2</sub>.

Dari kedua hasil aktivasi fisik (beragam ukuran ZAL dan suhu aktivasi ZAL) telah diperoleh kondisi aktivasi terbaik yaitu: ZAL ukuran 20 mesh dan suhu aktivasi 200°C. Dan telah dilakukan analisis luas permukaan ZAL dengan BET diperoleh hasil yaitu *surface area* sebesar 31,995 m<sup>2</sup>/g, *pore volume* sebesar 0,1024 cc/g, dan *average pore diameter*  $D_v(d)$  sebesar 128,040 Å. Dari hasil BET dapat diketahui bahwa luas permukaan ZAL sangat kecil, sehingga ZAL cepat sekali jenuh. Hal ini menunjukkan semakin tinggi suhu pemanasan ZAL maka CO<sub>2</sub> yang teradsorp akan semakin kecil.

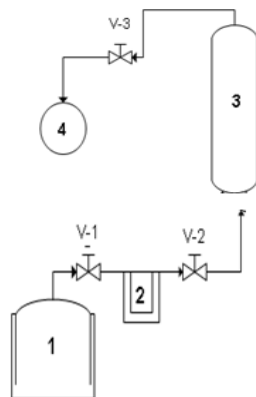
## KESIMPULAN

1. Dari kedua hasil aktivasi fisik telah diperoleh kondisi aktivasi terbaik yaitu ZAL ukuran 20 mesh dan suhu aktivasi 200°C yang mampu menjerap CO<sub>2</sub> hingga 81,3%.

2. Kemampuan penjerapan ZAL meningkat pada ukuran ZAL yang semakin kecil hal ini disebabkan luas permukaan kontak adsorben ZAL dengan biogas yang lebih luas.
3. Kemampuan penjerapan ZAL menurun pada pemanasan diatas suhu 200°C Hal ini diduga telah terjadi kerusakan pada struktur ZAL dikarenakan pemakaian panas terlalu tinggi.

### DAFTAR PUSTAKA

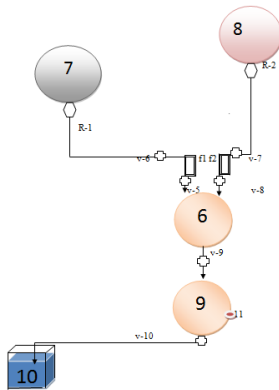
- Ackley MW, Rege SU, & Saxena H. 2003. Application of Natural Zeolites In The Purification and Separation. *Journal of Microporous and Mesoporous Materials*. 61, 25–42.
- Apriyanti E. 2011. Adsorpsi CO<sub>2</sub> Menggunakan Zeolit Sintesis 4A. Aplikasi pada Pemurnian Produk Biogas. (*Tesis*). Program Pasca Sarjana. Universitas Diponegoro.
- Asriani. 2008. Profil Lampung Mencangkup Data Penduduk Sumber Daya Alam dan Ekonomi Makro.  
[http://www.M.News.viva.co.id/news/read/3507provinsi\\_Lampung](http://www.M.News.viva.co.id/news/read/3507provinsi_Lampung), [18 September 2014].
- Cheetam D. 1992. *Solid State Compound*. Oxford University Press.
- Trisunaryati W. 2009. *Zeolit Alam Indonesia: Sebagai Absorben dan Katalis dalam Mengatasi Masalah Lingkungan dan Krisis Energi*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.



- Keterangan Gambar 1:
1. Tangki biogas awal
  2. Manometer
  3. Kolom adsorpsi
  4. Tabung gas

Gambar 1. Rangkaian alat adsorpsi





**Keterangan Gambar 2:**

- 6. Tabung Pencampuran
- 7. Tabung CO<sub>2</sub>
- 8. Tabung N<sub>2</sub>
- 9. Tabung pemvakuman
- 10. Tempat pereduksian CO<sub>2</sub>

Gambar 2. Rangkaian Analisis Kimia