

# PENGARUH MASSA ZEOLIT DAN LAJU ALIR COMPRESSED NATURAL GAS TERHADAP PENINGKATAN METANA MELALUI PROSES PEMURNIAN

Abdullah Saleh\*, Rera Oktariya S, Yuni Aviva Sarah P

\*Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya  
Jl. Raya Indralaya-Prabumulih KM. 32 Indralaya Ogan Ilir (OI) 30662  
Email: [dullascurtin@yahoo.com](mailto:dullascurtin@yahoo.com)

## Abstrak

*Compressed Natural Gas (CNG)* adalah salah satu jenis gas alam dimana komponen utamanya yaitu metana ( $\text{CH}_4$ ) dan gas pengotor yang ditinjau pada penelitian ini  $\text{N}_2$  dan  $\text{O}_2$ . CNG saat ini digunakan sebagai energi pengganti bahan bakar minyak yang tepat karena harganya yang ekonomis dan ramah lingkungan. Untuk meningkatkan nilai kalor pada CNG agar didapatkan nilai metana yang lebih besar perlu dilakukan pemurnian (purifikasi) dengan metode adsorpsi menggunakan adsorben zeolit. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh massa zeolit dan laju alir CNG terhadap peningkatan metana. Adapun variasi massa zeolit yang digunakan pada penelitian ini yaitu 800 gram, 900 gram dan 1000 gram. Laju alir gas yang digunakan dengan variasi 1 L/menit, 2 L/menit dan 3 L/menit. Hasil analisa menunjukkan sampel awal metana sebesar 77.86% mol. Setelah pemurnian peningkatan metana terjadi pada setiap penambahan massa zeolit dan penurunan laju alir. Persentase metana yang paling tinggi diperoleh pada massa zeolit 1000 gram dengan laju alir 1 L/menit dengan nilai metana sebesar 92.88 % mol. Dengan menggunakan persamaan freundlich untuk penyerapan gas nitrogen dan didapat nilai kapasitas adsorpsi ( $k$ ) sebesar 0.023 mol/gram dan konstanta adsorpsi ( $n$ ) sebesar 4.032.

**Kata kunci:** *Compressed natural gas*, pemurnian, adsorpsi, metana, zeolit.

## Abstract

*Compressed Natural Gas (CNG)* is a type of natural gas in which the main components namely methane ( $\text{CH}_4$ ) and pollutant gases are reviewed in this research  $\text{N}_2$  and  $\text{O}_2$ . CNG is currently used as substitute fuel oil energy the right because the price is economical and environmentally friendly. To increase the heat value on CNG methane value is obtained in order to make a greater need for purification (purification) and adsorption method using zeolite adsorbent. The purpose of this research is to know the influence of zeolites and mass flow rate to increased methane CNG. As for the mass variation zeolite used in this study i.e., 800 g, 900 g and 1000 g. Flow rate of gas used with variation of 1 L/minute, 2 l/min and 3 L/minute. The results of the analysis show the initial sample of methane of 105.29% mol. after purification of increased methane occur at every mass addition of zeolite and a decrease in flow rate. The highest methane concentration obtained at 1000 grams of zeolite with mass flow rate of 1 L/min of methane with value of 92.88% mol. Using equation freundlich to absorption of nitrogen gas and obtained the value of the constant  $k$  of 0.023 mol/gram and  $n$  of 4.032.

**Keywords:** *Compressed natural gas*, purification, adsorption, methane, zeolite.

## 1. PENDAHULUAN

Ketersediaan akan sumber energi di Indonesia saat ini sangat berlimpah. Hal ini dikarenakan sumber daya alam di tanah air yang

jumlahnya begitu besar. Kondisi alam yang seperti ini sangatlah menguntungkan. Terutama dalam kebutuhan akan memenuhi sumber energi. Beberapa tahun terakhir ini penggunaan energi batubara dan minyak bumi terus

meningkat dari tahun ke tahun. Hal ini tentu saja akan berdampak buruk terhadap ketersediaan sumber-sumber energi yang lambat laun akan habis. Oleh karena itu perlu adanya energi pengganti yang dapat digunakan untuk jangka waktu yang lama, serta jumlahnya yang berlimpah di alam. Salah satu sumber energi alternatif yang saat ini sedang diminati yaitu gas alam. Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral bahwa cadangan gas bumi di Indonesia mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Pada tahun 2014 cadangan gas bumi di Indonesia sebesar 149,3 TCF dan meningkat pada tahun 2015 sebesar 151,33 TCF atau naik 1,36 persen. Dengan potensi cadangan gas alam yang ada saat ini, maka gas alam merupakan salah satu energi alternatif yang dapat dimanfaatkan sebagai pengganti bahan bakar minyak yang tepat untuk kedepannya. Gas alam merupakan gas bumi yang jumlahnya sangat berlimpah di alam, yang telah terbentuk sejak berjuta-juta tahun yang lalu dari fosil-fosil organik dan campuran senyawa hidrokarbon dalam lapisan perut bumi, dimana komponen utamanya yaitu metana ( $\text{CH}_4$ ) diikuti oleh etana, propana dan butana. Jumlahnya yang berlimpah di alam dan harga yang ekonomis dibandingkan dengan bahan bakar minyak menjadi salah satu faktor berkembangnya gas alam. Salah satu produk gas alam yang saat ini sedang berkembang yaitu CNG.

CNG (*Compressed Natural Gas*) adalah gas bumi yang dipressure (ditekan) di dalam bejana dengan tekanan 250 bar. CNG diproses tanpa melalui penyulingan dan disimpan dalam tabung logam. Dengan bentuk CNG ini maka gas yang terdapat didalam tabung menjadi 250 kali lebih banyak dalam volume yang sama di tekanan atmosfer. Di Indonesia, bahan bakar gas untuk sektor transportasi menggunakan CNG sebagai bahan bakar (PGN, 2009). Untuk lebih mengoptimalkan nilai kalor pada BBG dapat dilakukan dengan mengurangi gas pengotor yang terkandung pada CNG. Aplikasi CNG untuk saat ini digunakan sebagai pengganti bahan bakar minyak dan solar, meskipun diperlukan modifikasi pada mesin kendaraan. Di Indonesia sendiri CNG sudah mulai dipakai sebagai bahan bakar transmisi, transjakarta, dan angkutan kota.

Pada penelitian ini untuk meningkatkan nilai metana agar nilai kalor yang dihasilkan lebih maksimal dan meningkatkan kualitas bahan bakar CNG, digunakan metode adsorpsi dengan menggunakan adsorben zeolit. Zeolit telah banyak digunakan sebagai adsorben karena kemampuannya sangat baik untuk

menyerap zat pengotor seperti seperti  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$  dll. Namun Zeolit tidak menyerap gas utama yaitu Methana. (repository usu, 2011).

### **Gas Alam**

Gas alam merupakan bahan bakar fosil yang terbentuk secara alami. Gas alam ini biasanya ditemukan pada lokasi tempat pengeboran minyak, tambang batubara serta ladang gas itu sendiri. Pada zaman dahulu gas alam belum banyak dimanfaatkan bahkan gas alam dibuang saja saat proses pengolahan gas bumi. Sekarang cenderung digunakan untuk bahan bakar. Seperti halnya minyak bumi gas alam juga terbentuk dari hewan, tumbuhan dan mikroorganisme lainnya selama ribuan tahun lalu dalam waktu yang lama tertimbun pada lapisan tanah. Karena pengaruh waktu, disertai dengan adanya tekanan dan temperatur yang tinggi di dalam lapisan bumi membuat ikatan karbon pada timbunan organik terlepas, sehingga berubah menjadi gelembung gelembung gas.

### **Komposisi Gas Alam**

Senyawa parafin merupakan senyawa yang paling banyak ditemukan dalam gas alam. Gas alam juga mengandung metana, etana, propana, butana, dan senyawa pengotor lainnya. Gas alam yang diperoleh dari sumur juga mengandung nonhidrokarbon seperti oksigen nitrogen dan sulfur. Gas nonhidrokarbon tentu tidak dapat terbakar. Sedangkan gas-gas lain seperti argon dan helium sering juga terdapat di gas alam namun dalam jumlah yang kecil. Besarnya komponen hidrokarbon di dalam gas tersebut dapat menentukan kualitas maupun kuantitas gas alam tersebut.

### **Pemanfaatan Gas Alam**

Gas alam menjadi salah satu potensi alam yang sangat besar. Gas alam merupakan energi alternative yang sekarang banyak digunakan masyarakat dunia untuk keperluan komersil maupun industri. Pengguna gas alam semakin hari semakin meningkat dikarenakan pemakaian gas alam ini dianggap lebih efisien dibandingkan sumber energi lainnya, pemanfaatan gas alam dibagi atas 3 kelompok, yaitu:

1. Gas alam sebagai bahan bakar, antara lain sebagai bahan bakar pembangkit listrik, bahan bakar industri, bahan bakar kendaraan bermotor, dsb
2. Gas alam sebagai bahan baku, antara lain bahan baku plastik, bahan baku pabrik pupuk, petrokimia, metanol, dsb
3. Gas alam sebagai komoditas energi untuk ekspor, yakni LNG.

## Compressed Natural Gas

*Compressed Natural Gas* atau CNG merupakan bahan bakar yang banyak digunakan untuk sektor transportasi.

CNG dibuat dengan cara mengkompresi metana ( $\text{CH}_4$ ) dengan mengekstrak dari gas alam. Tekanan silinder penampungan CNG berkisar 120 sampai dengan 275 bar (Purwanto,2007).

Dengan besar tekanan tersebut maka penanganan CNG perlu dilakukan hati-hati. Tangki CNG Dibuat dengan menggunakan bahan bahan khusus sehingga dapat membawa CNG dengan aman. Desain terbaru CNG menggunakan lapisan alumunium dengan diperkuat fiberglass. Kopolimer ringan (serat terbungkus logam tipis) merupakan produk dari " ISO11439" (IANGV, 2008). Komposisi *compressed natural gas* alam akan bervariasi tergantung sumbernya. Berikut disajikan pada tabel 1. Spesifikasi komposisi *compressed natural gas*.

## Adsorpsi

Proses adsorpsi merupakan proses penyerapan suatu senyawa terhadap permukaan adsorben. Adsorben pada umumnya berbentuk padatan dan adsorbat berfase fluida gas ataupun liquid. Fluida akan mengalir melalui adsorben padat, lalu terjadi peristiwa perpindahan massa pada permukaan adsorben. Adsorben terbuat dari material yang berpori pori. Adsorpsi secara fisika umumnya disebabkan oleh gaya *Van der Waals* dan gaya elektrostatis antara molekul adsorbat dan atom yang tersusun pada permukaan adsorben (Suzuki,1989). Daya adsorpsi juga dipengaruhi oleh beberapa faktor:

### 1. Waktu Kontak

Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan proses adsorpsi. Waktu kontak memungkinkan terjadinya proses difusi dan penempelan molekul adsorbat yang berlangsung lebih baik.

### 2. Luas permukaan

Semakin luas permukaan adsorben maka adsorbat yang diserap semakin besar daya adsorpsi pun semakin baik. Sehingga semakin kecil diameter dari adsorben tersebut maka semakin luas permukaannya. Kapasitas adsorpsi dari suatu adsorbat tergantung pada luas permukaan adsorbennya.

### 3. Temperatur

Pada saat molekul adsorbat gas atau cair melekat pada permukaan adsorben akan terjadi pembebasan suatu energi yang dinamakan peristiwa eksotermis. Berkurangnya temperatur maka akan

bertambahnya jumlah adsorbat yang teradsorpsi.

### 4. pH

pH akan menunjukkan pengaruh besar terhadap daya serap adsorpsi. Hal ini dikarenakan ion hidrogen itu sendiri teradsorpsi dengan kuat. Asam organik lebih mudah diadsorpsi pada Ph rendah, sedangkan basa organik lebih mudah diadsorpsi pada Ph yang tinggi.

### 5. Kepolaran Zat

Apabila berdiamater yang sama, molekul molekul polar lebih kuat teradsorpsi daripada molekul molekul yang tidak polar. Molekul-molekul polar dapat menggantikan molekul yang kurang polar terlebih dahulu teradsorpsi.

## Metana

Metana adalah senyawa kimia dengan rumus molekul  $\text{CH}_4$ . Metana ditemukan oleh alexsandro volta tahun 1776 ketika ia mempelajari gas rawa dari danau mangroige. Metana termasuk dalam molekul tetrahedral, dimana metana memiliki empat ikatan C-H yang ekuivalen. Pada suhu dan tekanan standar metana merupakan gas yang tidak berbau dan bewarna. Gas ini sangat mudah terbakar tetapi hanya memiliki konsentrasi 5-15% di udara. Sedangkan metana dalam cair hanya dapat dibakar jika mengalami tekanan tinggi sekitar 4-5 atmosfer. Pembentukan gas metana melibatkan mikroba yang kompleks dan secara bertahap akan merombak di dalam limbah. Perombakan ini terjadi dalam kondisi tanpa oksigen.

## Zeolit

Zeolit berasal dari kata *zeinlithos* yang artinya batuan berbuih (Kirk-Othmer, 1981). Zeolit merupakan suatu kelompok mineral yang dihasilkan dengan proses hidrotermal pada batuan. Zeolit biasanya dijumpai mengisi celah celah ataupun rekahan dari batuan (Rosita dkk,2004). Pada kerangka zeolit tiap atom Al bernilai negatif dan akan dihilangkan dengan ikatan ion yang mudah dipertukarkan yang akan berpengaruh dalam proses adsorpsi dan sifat-sifat termal *zeolite* (ozkan dan ulku,2008). Selain jenis kation kemampuan adsorpsi zeolit juga dipengaruhi oleh perbandingan Al/Si dan geometri pori-pori *zeolite*, termasuk luas permukaan dan distribusi ukuran pori dan bentuk pori (Gruszkeiewick dkk,2005). Pada saat ini penggunaan zeolit terus meningkat dari sektor industri kecil hingga industri besar ,seperti Negara Amerika Serikat, zeolit sudah benar-benar dimanfaatkan dalam bidang industri (Sarno.H, 1983).

### Struktur Zeolit

Zeolit pada umumnya memiliki struktur tiga dimensi yang terbentuk dari tetrahedral alumina dan silika berongga yang didalamnya berisi ion-ion logam. Secara empiris rumus molekul zeolit adalah  $M_x/n [(AlO_2)_x.(SiO_2)_y]z.2H_2O$ . Namun pada umumnya struktur zeolit terbentuk dari unit bangun primer berupa tetrahedral yang kemudian menjadi unit bangun sekunder menjadi polyhedral dan akhirnya membentuk unit struktur zeolit. Secara umum karakterisasi zeolit (maier,1967):

1. Unit pembangun berupa tetrahedral  $SiO_4$  dan  $AlO_4$  yang merupakan unit terkecil
2. Pori-porinya berukuran molekul karena pori-pori zeolit terdiri dari 6,10, atau 12 tetrahedral.
3. Dapat menukarkan kation
4. Dapat dijadikan padatan yang bersifat asam, karena penggantian kation penetral dengan proton-proton tersebut menjadikan zeolit padatan asam

### Sifat Zeolit

Zeolit biasa disebut *molecular/sieve* karena zeolit memiliki pori-pori yang berukuran molekuler sehingga zeolit dapat menyaring dan menyerap kotoran tertentu. Sifat zeolit sebagai adsorben ,dimungkinkan karena zeolit memiliki stuktur berongga, sehingga zeolit mampu menyerap sejumlah besar molekul kecil atau sesuai dengan ukuran rongganya (raditya zulfa,2011). Selain itu zeolit mempunyai sifat dehidrasi atau melepaskan  $H_2O$  jika dipanaskan. Disini  $H_2O$  seolah olah memiliki posisi pesifik dan dapat dikeluarkan secara reversible (Mumpton, 1978).

### Daya Serap Zeolit

Daya serap zeolit tergantung dari jumlah ruang kosong dan luas permukaan. Dalam keadaan normal ruang rongga dalam kristal zeolit terisi oleh molekul air bebas yang membentuk bulatan di sekitar kation. Bila kristal tersebut dipanaskan, tergantung dari jenis mineral zeolitnya, maka molekul air pada rongga-rongga tersebut akan keluar, sehingga zeolit yang bersangkutan dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan. Molekul-molekul yang lebih besar dari rongganya tidak akan bisa masuk ke dalamnya.

### Metode Pengaktifan Zeolit

Zeolit alam harus terlebih dahulu diaktivasi agar menghasilkan zeolit dengan sifat-sifat yang

diinginkan sebagai adsorben. Aktivasi zeolit ini dapat dilakukan secara fisik maupun kimia. Secara Fisika aktivasi dapat dilakukan dengan pemanasan pada suhu 300 sampai 400°C tujuannya untuk menghilangkan kadar air dan garam dari dalam rongga kristal zeolit. Pemakaian panas yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada struktur zeolit maka kemampuan adsorpsinya akan menurun (barrer,1982). Sedangkan aktivasi secara kimia dengan larutan kimia seperti asam organik seperti HF, HCL, dan  $H_2SO_4$  untuk menghilangkan oksida-oksida pengotor yang menutupi permukaan zeolit (schott dkk,2003). Proses aktivasi dengan asam dapat menambah kristalinitas dan luas permukaan (Srihapsari,D, 2006).

### Penentuan isotherm Adsorpsi

Isotherm adsorpsi adalah suatu keadaan dimana kesetimbangan yaitu tidak ada lagi fase perubahan konsentrasi adsorbat baik fase terserap maupun pada fase gas maupun fase cair. Umumnya jumlah bahan yang teradsorpsi per satuan berat adsorben bertambah seiring bertambahnya konsentrasi (Fransiska dkk,2015). Proses adsorpsi dikenal dengan beberapa metode yakni metode isotherm Langmuir dan Isotherm Freundlich.

### Isoterm Adsorpsi Freundlich

Isoterm freundlich ini berdasarkan asumsi bahwa adsorben mempunyai permukaan yang heterogen dan tiap molekul mempunyai potensi penyerapan yang berbeda-beda. Model isotherm freundlich ini juga dapat mengetahui proses adsorpsi berlangsung secara multilayer atau monolayer. Persamaan yang digunakan:

$$\text{Log} \left( \frac{x}{m} \right) = \log k + \frac{1}{n} \log C \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

- x/m : massa zat yang diadsorpsi (mol).
- C : konsentrasi dari adsorbat .
- k : kapasitas adsorpsi (mol/gram)
- n : konstanta adsorpsi

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Unit Proses Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dan analisa sampel di Laboratorium Petkim Pertamina RU III Plaju.

### Alat dan Bahan Penelitian:

**Alat:**

- 1) Tabung gas alam
- 2) Selang diameter 0,5 inci
- 3) *Housing* filter
- 4) *Gas valve*
- 5) Regulator
- 6) *Flow meter*
- 7) Manometer
- 8) *Sampling bubble*
- 9) Klep

**Bahan:**

- 1) Gas Alam
- 2) Zeolit
- 3) HCL

**Prosedur Penelitian:**

**Aktivasi Zeolit secara Fisika:**

1. Zeolit Alam Sebanyak 8,5 kg dimasukkan ke dalam furnace pada suhu 400<sup>0</sup>C
2. Proses *heat treatment* berlangsung selama 3 jam
3. Setelah proses *heat treatment* selesai, guci dikeluarkan dan dibiarkan untuk proses pendinginan

**Aktivasi Zeolit secara Kimia:**

1. Zeolit hasil karbonisasi tersebut di aktifkan dengan HCL 20%
2. Lalu campuran ini diaduk
3. Setelah itu dibiarkan selama 24 jam, campuran tersebut dipisahkan dari endapannya kemudian dicuci dengan *aquadest* hingga mencapai pH 7
4. Terakhir zeolit dikeringkan di dalam oven pada suhu 110<sup>0</sup>C selama 3 jam sehingga air yang ada dipermukaan zeolit dapat teruapkan.

**Proses Pemurnian *Compressed Natural Gas*:**

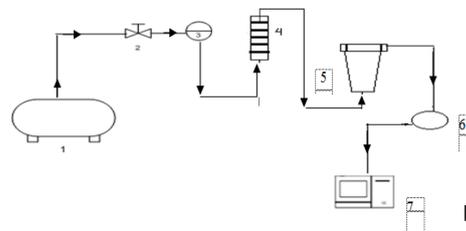
- 1) Ambil sampel awal, *outlet* gas alam keluaran dari tabung dan masukkan ke dalam tempat penyimpanan *sampling bubble*.
- 2) Kemudian Atur tekanan dan laju alir *feed gas* menuju adsorben zeolit yang telah diletakkan dalam *housing*.
- 3) Alirkan *feed gas* selama 15 menit.
- 4) Ambil *sample outlet* gas yang telah melalui adsorben zeolit 800 gram dengan laju alir 1 L/menit dan masukkan ke dalam tempat penyimpanan *sampling bubble*.
- 5) Ulangi prosedur di atas untuk laju alir 2 L/menit dan 3 L/menit pada masing-masing massa zeolit 900 gram dan 1000 gram yang telah disediakan.

**Analisa Sampel Penelitian**

Uji kandungan *Compressed Natural Gas* dengan menggunakan alat *Gas Chromatography* 7890B. Pada penelitian ini analisa sampel dilakukan di laboratorium Petkim Pertamina RU III Plaju . Prosedur analisa sebagai berikut:

- 1) Hidupkan power supply GC , Lalu klik icon GC 7890B pada layar komputer
- 2) Pastikan lampu indicator pada GC menyala yang mengindikasikan komunikasi antara GC dan computer
- 3) Masukkan nama sampel yang dianalisa pada kolom sample name, Lalu klik “Ok” dan tunggu sampai status Ready, Jika Ready berarti alat GC siap digunakan untuk analisa sampel.
- 4) Hubungkan balon sampel pada line, lalu tekan balon sampai adanya gelembung (*buble*) yang keluar selama 1 menit .
- 5) Setelah beberapa saat , tekan tombol *start* pada GC.
- 6) Tunggu sampai analisa selesai.

**Rangkaian Alat Pemurnian *Compressed Natural Gas***



**Gambar 1.** Skema Rangkaian Alat Pemurnian *Compressed Natural Gas*

**Keterangan:**

1. Tabung gas alam
2. Regulator
3. Manometer
4. Flowmeter
5. *Housing*
6. *Sampling bubble*
7. *Gas Chromatography*

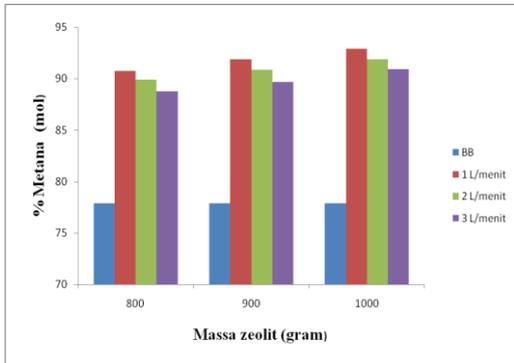
**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**  
**A. Pengaruh Massa Zeolit Pada Pemurnian *Compressed Natural Gas* Terhadap Peningkatan Metana**

Massa zeolit memberikan pengaruh terhadap proses pemurnian. Dengan massa zeolit yang berbeda maka aliran gas yang melewati zeolit akan menghasilkan kandungan gas metana yang berbeda pula. Pada proses

pemurnian ini dilakukan 3 variasi massa zeolit yaitu 800 gram, 900 gram dan 1000 gram.

1) Pengaruh Massa Terhadap Peningkatan Metana

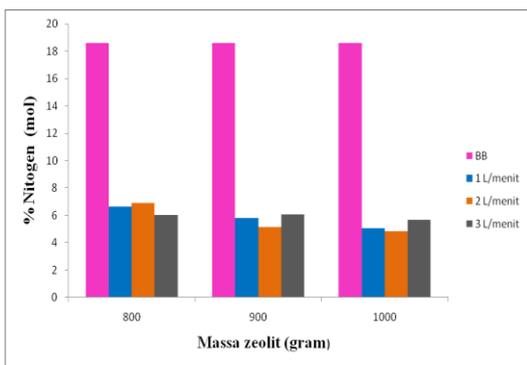
Untuk mengkaji pengaruh massa zeolit terhadap peningkatan gas metana yang terkandung didalam *Compressed Natural Gas* setelah dilakukan pemurnian dapat dilihat pada gambar 1



**Gambar 2.** Pengaruh massa zeolit terhadap peningkatan metana

Pada gambar 1 Peningkatan gas metana yang paling tinggi terjadi pada massa zeolit 1000 gram sebesar 92,88% mol. Dan peningkatan gas metana yang paling rendah pada massa zeolit 800 gram sebesar 90,73% mol. Dapat disimpulkan bahwa massa adsorben dapat mempengaruhi proses adsorpsi karena dengan bertambahnya jumlah adsorben maka daya atau kapasitas terhadap gas metana yang dihasilkan semakin banyak. Jumlah adsorben yang makin banyak akan memberikan luas permukaan yang makin besar bagi adsorbat untuk teradsorpsi. Selain itu makin banyak jumlah adsorben juga akan memberi kesempatan kontak yang makin besar dengan molekul-molekul adsorbat (Sembodo, 2006). Hal ini membuktikan bahwa jumlah massa adsorben mempengaruhi penelitian ini.

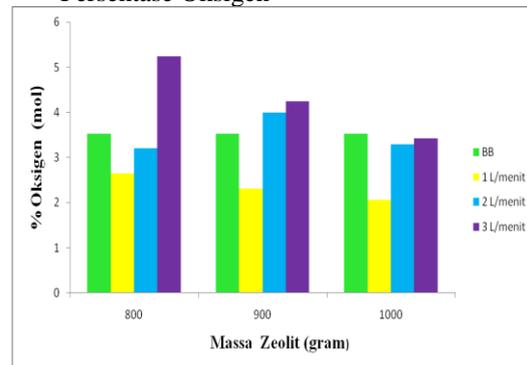
2) Pengaruh Massa Zeolit Terhadap Persentase Nitrogen



**Gambar 3.** Pengaruh massa zeolit terhadap persentase nitrogen

Pada gambar 2 diatas dapat dilihat bahwa semakin besar massa zeolit pada kolom adsorpsi maka gas yang terserap semakin banyak. Dimana nilai konsentrasi nitrogen sebelum pemurnian yaitu 18.61% mol terlihat pada grafik nitrogen mengalami penurunan yang cukup jauh dari konsentrasi awal. Pada grafik penurunan nitrogen yang paling tinggi terjadi pada massa zeolit 1000 gram. Dan penurunan persentase nitrogen yang paling rendah pada massa zeolit 800 gram. Hal ini disebabkan karena semakin banyak massa zeolit pada kolom adsorpsi maka semakin banyak gas nitrogen yang terserap oleh zeolit. Akibat penuhnya volume kolom adsorpsi sehingga gas yang teradsorpsi pun semakin besar. Dan untuk massa zeolit 800 gram karena variasi massa yang paling sedikit diantara ketiganya maka massa zeolit 800 gram paling menyerap sedikit gas nitrogen dibandingkan massa 900, dan 1000 gram. Pada Grafik diatas penurunan gas nitrogen terjadi tidak tetap, terjadi penurunan yang naik turun. Seperti pada sampel 900 gram dimana pada laju alir 1 dan 2 L/menit gas nitrogen menurun namun naik lagi pada laju alir 3 L/menit. Hal ini mungkin disebabkan karena sampling bubble kami mengalami kebocoran akibatnya volume sampel kami mengempes sehingga persentase nitrogen lebih banyak dari sebelumnya.

3) Pengaruh Massa Zeolit Terhadap Persentase Oksigen



**Gambar 4.** Pengaruh massa zeolit terhadap persentase oksigen

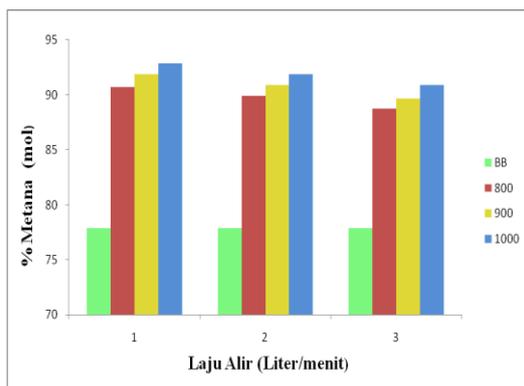
Pada Gambar 3 terlihat penurunan oksigen yang paling tinggi pada sampel 1000 sebesar 2,06 % mol. Dimana penurunan persentase oksigen hampir sama dengan gambar Penurunan terjadi tidak teratur atau naik turun. Walaupun mengalami ketidakaturan penurunan persentase oksigen, dari grafik diatas dapat

dilihat semakin besar massa zeolit semakin banyak gas oksigen yang terserap.

### B. Pengaruh Laju Alir Pada Pemurnian *Compressed Natural Gas* Terhadap Persentase Metana

Laju alir sangat berpengaruh terhadap pemurnian *Compressed Natural Gas* terhadap peningkatan metana karena berhubungan dengan waktu kontak terhadap aliran masuk *Compressed Natural Gas* dengan zeolit sebagai adsorben pada proses pemurnian. Digunakan 3 variasi laju alir untuk variable pada laju alir ini yaitu 1L/menit, 2L/menit dan 3L/menit.

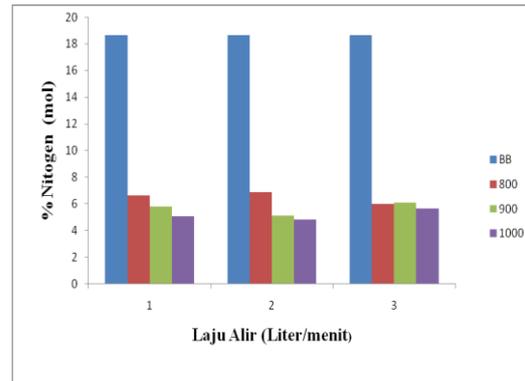
#### 1) Pengaruh Laju Alir Terhadap Persentase Metana



**Gambar 5.** Pengaruh laju alir terhadap peningkatan persentase metana

Dapat dilihat dari gambar 4 Semakin besar laju alir maka akan semakin kecil kandungan metana yang dihasilkan. Kandungan gas metana yang paling tinggi pada penelitian ini dihasilkan pada laju alir 1 L/menit dengan massa zeolit dengan nilai metana 92,88% mol. Sehingga dapat dikatakan bahwa semakin besar laju alir maka akan semakin kecil gas metana yang dihasilkan hal ini dikarenakan waktu kontak antara *feed gas* dengan adsorben berlangsung cepat sehingga akan menyebabkan zat pengotornya lolos dari permukaan aktif adsorbennya.

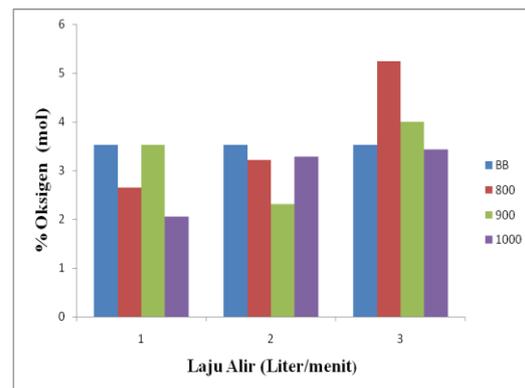
#### 2) Pengaruh Laju Alir Terhadap Persentase Nitrogen



**Gambar 6.** Pengaruh laju alir terhadap persentase nitrogen

Pada gambar 5 persentase nitrogen yang paling tinggi terjadi pada laju alir 2 L/menit sebesar 4,83% mol. Hanya selisih 0,23% mol dari penurunan pada laju alir 1 L/menit sebesar 5,03% mol. Dan pada laju alir 3 L/menit dapat dilihat penurunan persentase oksigen sudah mulai berkurang. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi laju alir maka gas yang mengalir semakin cepat sehingga proses kontak gas dengan adsorben hanya sebentar akibatnya gas nitrogen yang terserap hanya sedikit.

#### 3) Pengaruh Laju Alir Terhadap Persentase Oksigen

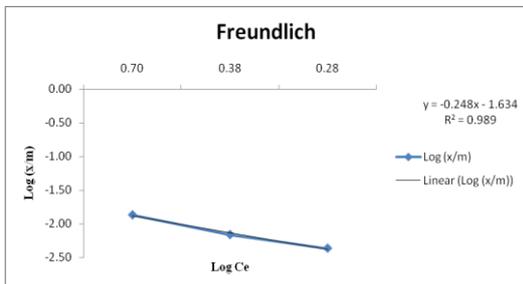


**Gambar 7.** Pengaruh laju alir terhadap persentase oksigen

Pada gambar 6 diatas penurunan oksigen yang paling tinggi terjadi pada laju alir 1 L/menit sebesar 2,06% mol. Namun terjadi peningkatan persentase oksigen yang paling tinggi pada laju alir 3 L/menit sebesar 5,24 % mol melebihi persentase oksigen dari bahan baku. Hal ini bisa disebabkan karena flow meter yang kami gunakan mengalami kerusakan pada pengambilan sampel laju alir 3 L/menit dengan massa 800 gram .

### C Penentuan Kapasitas adsorpsi adsorben (zeolit) menggunakan persamaan Freundlich.

Pada penelitian ini untuk mengetahui kapasitas adsorpsi adsorben (zeolit) dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan isotherm adsorpsi Freundlich. Dapat dilihat pada grafik dibawah ini menunjukkan persamaan adsorpsi isotherm Freundlich pada adsorpsi gas nitrogen.



**Gambar 7.** Persamaan Adsorpsi Isotherm Freundlich gas nitrogen pada massa zeolit 1000 gram

Dari Grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai koefisien determinasi  $R^2 \geq 0.989$  (mendekati angka 1) hal ini menunjukkan bahwa persamaan Freundlich dapat diterapkan pada proses adsorpsi gas nitrogen pada pemurnian *compress natural gas*. Persamaan isotherm Freundlich mengasumsikan bahwa adsorben mempunyai permukaan yang heterogen dan tiap molekul mempunyai penyerapan yang berbeda dan terdapat lebih dari satu lapisan permukaan (multilayer).

**Tabel 1.** Nilai Konstanta Pada persamaan Isoterm Adsorpsi Freundlich

Gas	Konstanta	Nilai
	k	0.023 mol/gram
Nitrogen	n	4.032

kapasitas atau daya adsorpsi maksimum (k) oleh zeolit terhadap gas nitrogen pada isotherm Freundlich sebesar 0.023 mol/gram dan konstanta adsorpsi (n) sebesar 4.032 Jadi nilai k menunjukkan zeolit yang terserap pada 1 gram zeolit sebesar 0.023 mol

#### 4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan disimpulkan bahwa:

1. Semakin banyak jumlah (massa) zeolit dalam kolom adsorpsi maka metana yang dihasilkan semakin meningkat.
2. Semakin tinggi laju alir dari feed gas, maka penyerapan yang terjadi akan semakin menurun.

3. Kapasitas adsorpsi yang didapat pada penyerapan nitorgen dengan menggunakan persamaan Freundlich yaitu 0.023 mol/gram.
4. Persentase metana yang tertinggi pada pemurnian *compressed natural gas* didapat pada laju alir 1 L/menit dengan massa zeolit 1000 gram sebesar 92.88 % mol.

#### DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2015. Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia 2016. Jakarta: Kementrian Energi dan Sumber Daya Manusia Republik Indonesia.

Anonim. 2016. *Komposisi Kandungan Compressed Natural Gas*. Palembang: Citra Nusantara Gemilang

Anonim. 2009. *Laporan Tahunan*. Jakarta : PT.perusahaan gas Negara.

Abidin, Zainal. 2010. *Analisis Potensi Penggunaan Bahan Bakar Gas untuk Sektor Transportasi di DKI Jakarta*. Jurusan teknik kima. Universitas Indonesia.

Burhanuddin, Tulus. 2002. *Tinjauan Pengembangan Gas sebagai Bahan Bakar Alternatif*. Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara

Hamidi, dkk. 2012. *Peningkatan Kualitas Biogas melalui Proses Pemurnian Dengan Zeolit Alam*. Rekasa Mesin 2 (1):227-231

Kirk, R.E and Othmer, D.F. 1981. *Encyclopedia of Chemical Engineering Technology*. New York : John Wiley and Sons Inc.

Ozkan dan Ulku. 2008. *Diffiusion Mechanism of Water Vapor in Zeolitic Tuff Rich in Clinoptilolite*. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry 94, 699-702.

Perry, R. H. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook, 7th Edition*, Mc Graw Hill Companies Inc., New York, 1997, pp. table 2-1 & 2-2.

Rosita, dkk. 2004. *Pengaruh Perbedaan Aktivasi Terhadap Efektivitas Zeolit sebagai Adsorben*. Majalah Farmasi Airlangga, 4 No.1, 20-25.

Said, Muhammad. 2008. *Aktifasi Zeolit Alam Sebagai Adsorbent Pada Adsorpsi Larutan Iodium*. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.

Sarno, 1983. *Endapan Zeolit, Penggunaan dan sebarannya di Indonesia*. Direktorat Sumberdaya Mineral Departemen Pertambangan dan Energi, Bandung

Senda, dkk. 2006. *Prospek Aplikasi Produk Berbasis Zeolit untuk Slow Release Substances (SRS) dan Membran*. Badan

- Pengkajian dan Penerapan Teknologi Indonesia. ISSN 1410-9891.
- Simanjuntak, Indah. 2013. *Studi Perbandingan Daya Serap Zeolit Aktif Dengan Zeolit Termodifikasi Edta Sebagai Adsorben Ion Campuran Cu(Ii), Ni(Ii), Dan Zn(Ii)*. Skripsi. Jurusan matematika dan ilmu pengetahuan alam. Universitas Sumatera Utara.
- Srihapsari. 2006. *Penggunaan Zeolit Alam yang Telah Diaktivasi Dengan Larutan HCl untuk Menjerap Logam-Logam Penyebab Kesadahan Air*. Univesitas Negeri Semarang.
- Sugiarto, dkk. 2013. *Purifikasi Biogas Sistem Kontinyu Menggunakan Zeolit*. Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya: Malang.