

# Efek Berat Molekul *Polietilen Glikol* (PEG) pada Membran Selulosa Asetat terhadap Selektifitas Pemisahan Gas CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub>

Anda Lucia<sup>1)</sup> dan Adiwir<sup>2)</sup>

Pengkaji Teknologi<sup>1)</sup>, Peneliti Madya<sup>2)</sup> pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi “LEMIGAS” Jl. Ciledug Raya Kav. 109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan 12230, Indonesia  
Tromol Pos : 6022/KBYB-Jakarta 12120, Telepon : 62-21-7394422, Faksimile : 62-21-7246150  
Teregistrasi I Tanggal 29 Maret 2011; Diterima setelah perbaikan tanggal 19 April 2011  
Disetujui terbit tanggal: 26 Agustus 2011

## SARI

Pemisahan gas CO<sub>2</sub> pada gas alam telah dilakukan dengan distilasi kriogenik dan adsorpsi. Namun belakangan ini, proses pemisahan CO<sub>2</sub> menggunakan membran menunjukkan cukup berpotensi dikarenakan kesederhanaannya, mudah dikontrol, kompak, murah dan pemakaian energi yang sedikit. Penggunaan membran dengan fasilitas perpindahan lebih menarik perhatian seperti membran dengan pembawa tetap (*fixed carrier*) karena mempunyai kelebihan yaitu disamping daya tahan yang cukup baik, juga dapat ditingkatkannya permeabilitas dan selektifitas membran terhadap pemisahan gas diakibatkan reaksi reversible antara pembawa dalam membran. Penelitian ini diarahkan pada pemakaian PEG dengan berbagai berat molekul sebagai pembawa tetap dan bertujuan untuk mengetahui pengaruh berat molekul PEG terhadap selektifitas pemisahan. Membran dengan pembawa PEG dapat menghasilkan laju permeasi sebesar  $2.55 \times 10^{-6} \text{ cm}^3 \text{ (STP) cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ cm Hg}$  pada tekanan 20 psi.

**Kata Kunci** : karbon dioksida, *membrane fixed carrier*, PEG, gas alam

## ABSTRACT

*Separation of CO<sub>2</sub> in natural gas is commercially accomplished by cryogenic distillation and absorption. Membrane separation nevertheless lately shows potential for CO<sub>2</sub> separation process because of its inherent simplicity, ease of control, compact modular nature, lower cost and energy efficiency. Gas separation using facilitated transport membrane has been further more attracting attention because of reversible reaction between the carriers in membrane. This research is focused on composing membrane fixed carrier in which cellulose acetate is used as based polymer and PEG as a carrier with various molecule weight. The objective of this research is to know effect of molecule weight of PEG to separation selectivity. The membrane with PEG 400 displayed a CO<sub>2</sub> permeance of  $2.55 \times 10^{-6} \text{ cm}^3 \text{ (STP) cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ cm Hg}$  at 20 psi.*

**Keywords** : carbon dioxide, *facilitated transport, membrane fixed carrier, natural gas*

## I. PENDAHULUAN

Pemisahan gas menggunakan membran yang terfasilitasi perpindahan (*facilitated transport membrane*, FTM) sangat menarik dilakukan karena mempunyai permeabilitas dan selektifitas yang cukup tinggi. Ada tiga macam membran terfasilitasi (FTM), seperti membran cairan (*liquid membrane*), membran pertukaran ion (*ion-exchange membrane*) dan membran dengan pembawa tetap (*fixed-carrier*

*membrane*<sup>[1,2]</sup>. Membran dengan pembawa tetap lebih menguntungkan dibandingkan dua membran yang lain, dikarenakan daya tahannya yang cukup baik.<sup>[2]</sup>

Permeabilitas dan selektifitas yang tinggi dapat dicapai dikarenakan mekanisme yang ada tidak hanya solusi dan difusi melainkan bisa terjadi mekanisme adsorpsi dengan reaksi bolak balik antara membran dengan absorbernya sehingga permeabilitas dan selektifitas gas dapat ditingkatkan.<sup>[2,3]</sup>

Selulosa asetat merupakan salah satu material membran yang diaplikasikan untuk pemisahan gas CO<sub>2</sub> dari gas alam. Membran ini sangat murah dan penyiapan membrannya pun sederhana<sup>[1]</sup>.

Penelitian terdahulu<sup>[4]</sup> telah mendapatkan selektifitas gas CO<sub>2</sub> terhadap CH<sub>4</sub> yang cukup tinggi sebesar 178.4 pada tekanan 20 psi dengan menggunakan PEG sebagai absorber. Sedangkan pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh berat molekul PEG dan pengaruh konsentrasi PEG dalam matriks membran terhadap permeabilitas dan selektifitas gas tersebut.

**II. METODE**

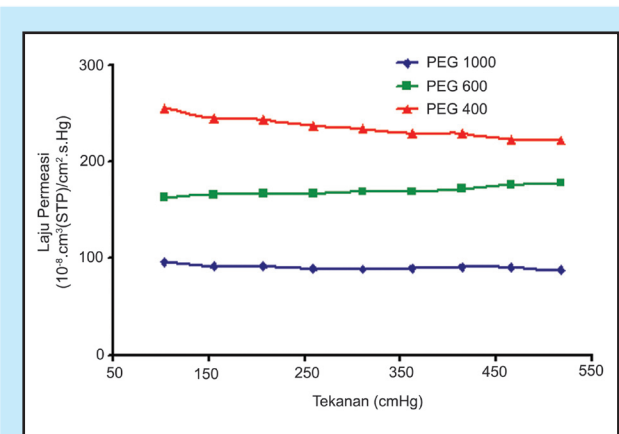
Penelitian ini dilakukan dengan tahap-tahap pelaksanaan seperti pada penelitian sebelumnya<sup>[4]</sup> yaitu berdasarkan teknik fasa inversi yang dikembangkan oleh Loeb-Sourirajan. Proses pembuatan membran dilakukan melalui pembuatan adonan yaitu selulosa asetat, aseton dan formamida dengan perbandingan rasio berat 1 : 2,15 : 1. Setelah campuran homogen kemudian dimasukan absorber dengan konsentrasi 10% berat polimer yaitu : PEG 400, PEG 600 dan PEG 1000. Larutan polimer dicetak dengan ketebalan 200 mm, dievaporasi selama 60 detik, dikoagulasi dengan air suhu sekitar 10°C selama 1 jam dan diannealing dengan air panas suhu 70°C selama 10 menit.

Membran yang terbaik dari hasil pengujian berdasarkan berat molekul kemudian dilakukan variasi konsentrasi dari PEG tersebut yaitu 10%, 20% dan 30%. Pengukuran permeabilitas dilakukan dengan *variable volume method*<sup>[4]</sup>. Kolom flowmeter terlebih dahulu dikalibrasi dengan air raksa untuk mendapatkan volume sebenarnya dari kolom yang dipakai. Pengukuran dilakukan pada rentang tekanan 103.4-517.1 cmHg (20-100 psi) pada suhu ambien.

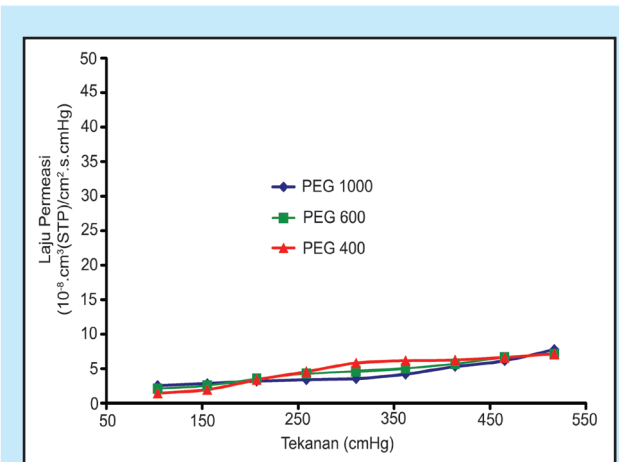
**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Gambar 1 memperlihatkan hubungan dari laju permeasi CO<sub>2</sub> dengan variasi tekanan pada membran selulosa asetat yang mengandung absorber berupa PEG 400, PEG 600 dan PEG 1000.

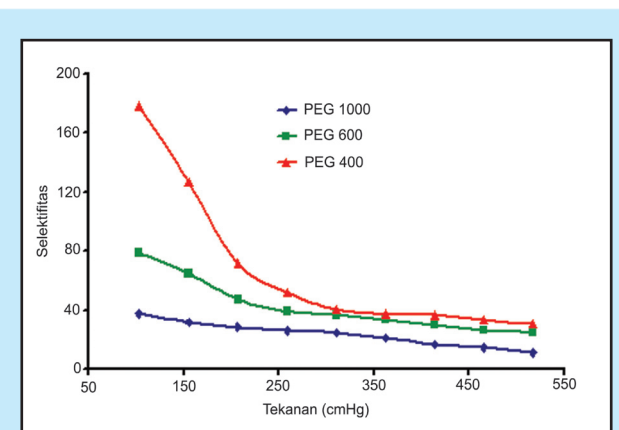
Pada Gambar 1. terlihat bahwa laju permeasi gas CO<sub>2</sub> pada membran dengan absorber PEG 400 lebih tinggi dua kali dari membran dengan PEG 600 dan lebih tinggi tiga kali dari membran dengan PEG 1000. Laju permeasi membran dengan PEG 400 terlihat sedikit menurun terhadap tekanan tinggi, sedangkan laju permeasi gas CO<sub>2</sub> pada membran



**Gambar 1**  
 Laju Permeasi CO<sub>2</sub> pada Berbagai Berat Molekul PEG terhadap Tekanan



**Gambar 2**  
 Laju Permeasi CH<sub>4</sub> pada Berbagai Berat Molekul PEG terhadap Tekanan



**Gambar 3**  
 Selektifitas Membran pada Berbagai Berat Molekul PEG terhadap Gas CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>

dengan absorber PEG 600 dan PEG 1000 cenderung tetap pada berbagai tekanan.

Semakin kecil berat molekul PEG semakin besar laju permeasi dari gas CO<sub>2</sub>. Indikasi yang terjadi adalah matriks membran yang terdapat PEG dengan berat molekul kecil akan membentuk porositas yang kecil sehingga permeabilitasnya menjadi lebih kecil dibanding matriks membran yang terdapat PEG dengan berat molekul lebih besar.

Gambar 2 memperlihatkan hubungan dari laju permeasi CH<sub>4</sub> dengan variasi tekanan pada membran selulosa asetat yang mengandung absorber berupa PEG 400, PEG 600 dan PEG 1000.

Laju permeasi untuk gas CH<sub>4</sub> pada matriks membran dengan PEG 400, PEG 600 dan PEG 1000 terlihat relatif sama dan sedikit meningkat dengan meningkatnya. Laju permeasi pada gas CH<sub>4</sub> lebih kecil dari gas CO<sub>2</sub> hal berindikasi bahwa adanya absorber dapat meningkatkan laju permeasi dari gas CO<sub>2</sub> dan adanya reaksi antara gas CO<sub>2</sub> dengan absorber.

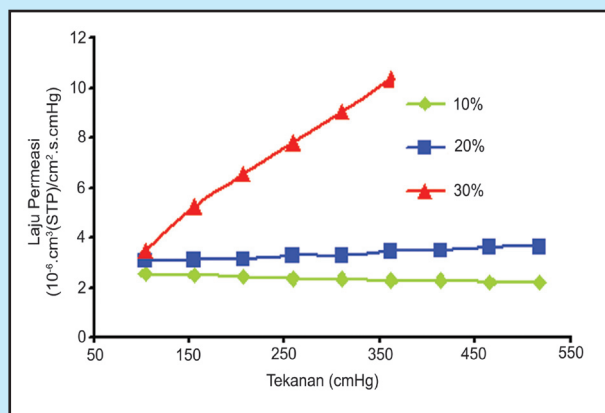
Gambar 3, memperlihatkan hubungan selektifitas membran dengan penambahan absorber berupa PEG 400, PEG 600 dan PEG pada gas CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> pada berbagai tekanan.

Dari gambar terlihat bahwa selektifitas membran selulosa yang mengandung PEG 400 sangat berbeda sekali dengan membran selulosa yang mengandung absorber PEG 600 dan PEG 1000 terutama pada tekanan 100-200 cmHg (20-30psi) dimana selektifitasnya lebih tinggi sekitar 2-5 kali.

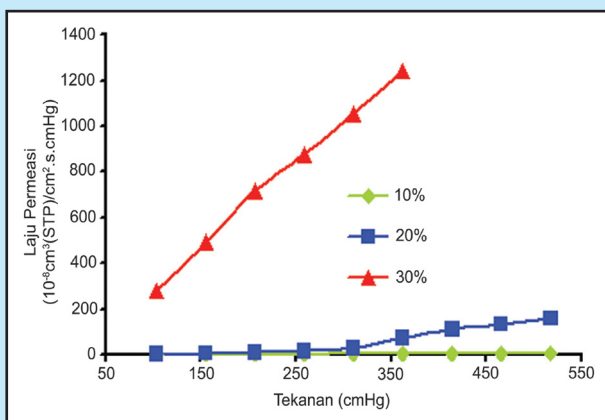
Gambar 4 memperlihatkan hubungan dari laju permeasi CO<sub>2</sub> dengan variasi tekanan pada membran selulosa asetat yang mengandung absorber berupa PEG 400 dengan konsentrasi 10%, 20% dan 30%.

Pada gambar tersebut terlihat bahwa laju permeasi CO<sub>2</sub> pada membran-PEG 400 dengan konsentrasi 10% dan 20% cenderung tetap untuk semua tekanan, sedangkan membran-PEG 400 dengan konsentrasi 30 % cenderung meningkat sejalan dengan meningkatnya tekanan. Hal ini berindikasi bahwa konsentrasi absorber melebihi 20 persen dapat membentuk matrik membran yang meloloskan CO<sub>2</sub>, karena sifat absorpsi dari PEG itu sendiri.

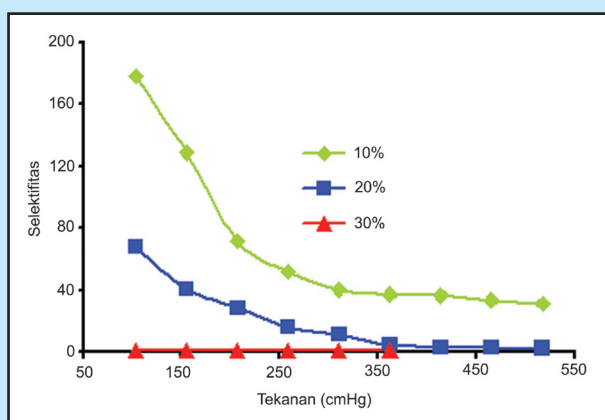
Gambar 5 memperlihatkan hubungan dari laju permeasi CH<sub>4</sub> dengan variasi tekanan pada membran selulosa asetat yang mengandung absorber berupa PEG 400 dengan konsentrasi 10%, 20% dan 30%.



**Gambar 4**  
 Laju Permeasi CO<sub>2</sub> pada Berbagai Konsentrasi Penambahan PEG-400 terhadap Tekanan



**Gambar 5**  
 Laju Permeasi CH<sub>4</sub> pada Berbagai Konsentrasi Penambahan PEG-400 terhadap Tekanan



**Gambar 6**  
 Selektifitas Membran-PEG 400 pada Gas CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>

Pada gambar tersebut terlihat bahwa laju permeasi  $\text{CH}_4$  pada membran-PEG 400 dengan konsentrasi 10% cenderung tetap untuk semua tekanan, sedangkan membran-PEG 400 dengan konsentrasi 20 % cenderung meningkat pada tekanan diatas 300 cmHg (50 psi) sementara membran- PEG 400 dengan konsentrasi 30 % cenderung meningkat sejalan dengan meningkatnya tekanan. Hal ini berindikasi bahwa konsentrasi absorber melebihi 20 persen dapat membentuk matrik membran yang membentuk porositas yang lebih besar sehingga bukan hanya laju permeasi gas  $\text{CO}_2$  yang tinggi akan tetapi juga laju permeasi gas  $\text{CH}_4$ .

Gambar 6, memperlihatkan hubungan selektifitas membran-PEG 400 dengan variasi konsentrasi pada gas  $\text{CO}_2$  dan  $\text{CH}_4$  pada berbagai tekanan.

Variasi konsentrasi pada membrane dengan PEG 400 sebagai membrane yang terbaik dilakukan dengan variasi 10%, 20 % dan 30 % berat polimer. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin kecil konsentrasi PEG 400 pada matriks membran, maka semakin besar selektifitas gas  $\text{CO}_2$  terhadap  $\text{CH}_4$ , terutama pada tekanan 100 cmHg (20 psi). Hal ini dimungkinkan karena indikasi bahwa membran dengan konsentrasi absorber yang kecil membentuk matriks membran yang lebih kaya polimer dan lebih polar serta membentuk membran yang mempunyai porositas semakin kecil dari pada konsentrasi yang lebih tinggi.

#### IV. KESIMPULAN

Keberadaan PEG dengan berat molekul yang berbeda dalam membrane selulosa asetat memper-

lihatkan indikasi adanya peningkatan laju permeasi terhadap  $\text{CO}_2$ .

Keberadaan PEG dengan berat molekul yang berbeda dalam membrane selulosa asetat memperlihatkan indikasi adanya penekanan atau perlambatan terhadap mekanisme solusi dan difusi  $\text{CH}_4$  dalam matriks polimer selulosa asetat pada semua tekanan yang mengakibatkan lebih kecilnya laju permeasi  $\text{CH}_4$ .

Membran dengan penambahan absorber berupa PEG 400 dengan konsentrasi 10% berat polimer mempunyai selektifitas tinggi pada tekanan 20 psi.

#### KEPUSTAKAAN

1. **Anda Lucia**, 2006. "Preparasi dan Karakterisasi Membran *Fixed-Carrier* Untuk Pemisahan Gas  $\text{CO}_2/\text{CH}_4$  pada Tekanan 103.4-517.1 cmHg". Tesis, Universitas Indonesia, Jakarta.
2. **Chen. H., Kovvali A.S., Sirkar K.K.**, 2000. "Selective  $\text{CO}_2$  Separation from  $\text{CO}_2\text{-N}_2$  Mixtures by Immobilized Glycine-Na-Glycerol Membranes". *Industrial Engineering Chemical Research vol 39, pages 2447-2458*.
3. **Mulder M.**, 1996. *Basic Principle of Membrane Technology*. Second Edition. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
4. **Zhang.Y, Wang Z., Wang. S.C.**, 2002. "Selective Permeation of  $\text{CO}_2$  Through New Facilitated Transport Membrane". *Desalination Vol. 154, pages 385-388*.