

SKRIPSI

**PENGARUH PEMANASAN MEMBRAN, PERBEDAAN TEKANAN DAN WAKTU
PERMEASI PADA PEMISAHAN CO₂/CH₄ UNTUK PEMURNIAN BIOGAS
MENGUNAKAN MEMBRAN POLYIMIDE DAN MEMBRAN CAMPURAN
POLYIMIDE-ZEOLIT**



**Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan tugas akhir guna
memperoleh gelar Sarjana Teknik**

Disusun Oleh:

Novembri Cucu Sektiani Agustin L2C 308 027

Oki Putri Sakti L2C 308 029

JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2010

Halaman Pengesahan
Skripsi

UNIVERSITAS DIPONEGORO
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK KIMIA

Nama / NIM : Novembri Cucu Sektiani Agustin (L2C 308 027)
Nama / NIM : Oki Putri Sakti (L2C 308 029)
Judul Penelitian : Pengaruh Pemanasan Membran, Perbedaan Tekanan dan Waktu Permeasi Pada Pemisahan CO₂/CH₄ Untuk Pemurnian Biogas Menggunakan Membran Polyimide Dan Membran Campuran Polyimide-Zeolit
Dosen Pembimbing : Ir. Hantoro Satriadi, M.T.

Semarang, 2010
Dosen Pembimbing,

Ir. Hantoro Satriadi, M.T.

NIP : 19600115 198810 1 001

ABSTRAK

Biogas dapat dimanfaatkan untuk mengatasi krisis energi. Sebagai biofuel, biogas memiliki kandungan utama berupa gas metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2). Adanya CO_2 dalam biogas dapat menurunkan nilai kalor pembakaran. Peningkatan efisiensi CH_4 dilakukan dengan pemisahan gas CO_2/CH_4 menggunakan membran polyimide (PI-20%) dan membran campuran polyimide-zeolit (PI-Z20%). Percobaan dilakukan dalam permeation cell sistem dead end. Variabel yang digunakan berupa suhu pemanasan membran $180^\circ C$ dan $200^\circ C$; waktu pemanasan membran 1, 2 dan 3 menit; perbedaan tekanan 0,5-2 atm dan waktu permeasi 60 menit selama 3 kali. Hasil percobaan menunjukkan bahwa membran PI-Z20% coated memiliki kinerja transportasi gas yang lebih baik dibandingkan membran PI-20% coated. Permeabilitas gas dan selektivitas CO_2/CH_4 pada membran PI-20% yaitu 33,52330GPU dan 1,101 (pemanasan membran $200^\circ C$ selama 2 menit). Sedangkan pada kondisi yang sama, permeabilitas gas dan selektivitas CO_2/CH_4 membran PI-Z20% yaitu 133,10688GPU dan 1,115. Semakin tinggi suhu pemanasan dan beda tekanan pada membran PI-20% coated mengakibatkan permeabilitas gas semakin tinggi dan selektivitas CO_2/CH_4 rendah. Membran PI-20% tanpa pemanasan memiliki tendensi terjadinya fenomena tekanan plastisisasi oleh CO_2 dan adanya pemanasan membran serta bahan campuran (PI-Z20%) dapat mengurangi tendensi tersebut.

Kata kunci : biogas, pemanasan, permeasi gas, plastisisasi, polyimide-zeolit

ABSTRACT

Biogas can be made use to overcome energy crisis. As biofuel, biogas has methane (CH_4) and carbon dioxide (CO_2) with concentration big enough. Existence of CO_2 in biogas can demote on value of combustion heat. Efficiency of CO_4 improved with CO_2/CH_4 gas separation use polyimide membrane (PI-20%) and polyimide-zeolite mixed matrix membrane (PI-Z20%). This experiment is done in permeation cell dead end system. Variables that used such as membrane heating temperature of $180^\circ C$ and $200^\circ C$; membrane heating time 1, 2 and 3minutes; pressure difference of 0.5-2atm and permeation time of 60minutes during 3 times. In result, PI-Z20%coated membrane has performance better than PI-20%coated membrane. Gas permeability and CO_2/CH_4 selectivity in PI-20%coated membrane are 33.52330GPU and 1.101 (membrane heating of $200^\circ C$ during 2minute). While in same condition, gas permeability and CO_2/CH_4 selectivity in PI-Z20%coated membrane are 133.10688GPU and 1.115. In PI-20%coated membrane are gas permeability increased and CO_2/CH_4 selectivity decreased with more increasing of heating temperature and pressure. PI-20%coated membrane has tendency happening of plasticization pressure by CO_2 and existence of membrane heating and mixed material (PI-Z20%) can demote tendency it.

Keyword: biogas, gas permeation, heating, plasticization, polyimide-zeolite

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul ‘Pengaruh Pemanasan Membran, Perbedaan Tekanan dan Waktu Permeasi Pada Pemisahan CO₂/CH₄ Untuk Pemurnian Biogas Menggunakan Membran Polyimide Dan Membran Campuran Polyimide-Zeolit’. Skripsi ini dibuat sebagai syarat untuk menyelesaikan pendidikan Program Sarjana S1 Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.

Selain itu penulis mengucapkan terimakasih atas kerjasama dan bantuan yang telah terjalin sehingga skripsi ini dapat segera diselesaikan, kepada :

1. Ir. Abdullah, M.S., PhD. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
2. Ir. Hantoro Satriadi, M.T. selaku Dosen Pembimbing skripsi.
3. Ir. Budiyo, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Penelitian Biogas dan Teknologi Membran.
4. Dr. Tutuk Djoko Kusworo, S.T., M. Eng. selaku Dosen Pembimbing Penelitian Biogas dan Teknologi Membran.

Adapun penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat dan memberi motivasi pengetahuan mengenai teknologi membran dan biogas di lingkungan industri kimia yang berkembang di Indonesia.

Semarang, Mei 2010

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Abstrak	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	v
Daftar Tabel	viii
Daftar Gambar	ix
Daftar Lampiran	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Biogas Sebagai Alternatif Energi Biomassa	4
2.1.1 Pengertian Biogas	4
2.1.2 Proses Pembuatan Biogas	4
2.1.3 Komposisi Biogas	6
2.1.4 Nilai Kalor Pembakaran Biogas	7
2.1.5 Problem Biogas	7
2.1.6 Manfaat Biogas dalam Kehidupan	8
2.2 Teknologi Membran	8
2.2.1 Pengertian Membran	8
2.2.2 Klasifikasi Membran	8
2.2.3 Material Membran	9
2.2.4 Teori Pemisahan dengan Membran	10
2.2.5 Kinerja Instalasi Membran	10
2.3 Pemurnian Biogas dengan Teknologi Membran	12
2.3.1 Teknologi Pemurnian Biogas	12

2.3.2	Permeasi Gas	13
2.3.3	Dasar Pemilihan Membran	15
2.3.4	Dasar Pemilihan Modul	17
2.3.5	Mode dan Sistem Operasi	19
2.4	Penggunaan Membran <i>Polyimide</i> dan <i>Polyimide-Zeolit Mixed Matrix Membrane</i> (MMM)	19
2.5	Hal-Hal yang Perlu Dipertimbangkan pada Permeasi Gas.....	21
2.5.1	Suhu dan Waktu Pemanasan.....	21
2.5.2	Perbedaan Tekanan.....	22
2.5.3	Waktu Permeasi.....	23
2.5.4	Plastisisasi.....	25
BAB III METODE PENELITIAN		
3.1	Analisa Komposisi Biogas Sebagai Umpan	26
3.1.1	Alat dan Bahan	26
3.1.2	Parameter Analisa	26
3.1.3	Prinsip Kerja	27
3.2	Analisa Karakteristik Morfologi Membran	27
3.2.1	Alat dan Bahan	27
3.2.2	Prinsip Kerja	27
3.3	Pengukuran Permeabilitas Gas	27
3.3.1	Alat dan Bahan	27
3.3.2	Variabel Penelitian	28
3.3.3	Prinsip Kerja	29
3.4	Analisa Komposisi Gas Hasil Permeasi	30
3.4.1	Alat dan Bahan	30
3.4.2	Prinsip Kerja	31
3.5	Analisa Data	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Proses Permeasi Gas CO ₂ /CH ₄	32
4.2`	Morfologi Membran	33
4.2.1	<i>Asymmetric Polyimide Membrane</i> (PI-20%).....	33
4.2.2	<i>Polyimide-Zeolite Mixed Matrix Membrane</i> (PI-Z 20%).....	35
4.3	Pengaruh Suhu Pemanasan Membran Terhadap Permeabilitas Gas	37

4.3.1	<i>Asymmetric Polyimide Membrane (PI-20% coated)</i>	37
4.3.2	<i>Polyimide-Zeolite Mixed Matrix Membrane (PI-Z 20 coated)</i>	38
4.4	Pengaruh Waktu Pemanasan Membran Terhadap Permeabilitas Gas	40
4.4.1	<i>Asymmetric Polyimide Membrane (PI-20% coated)</i>	40
4.4.2	<i>Polyimide-Zeolite Mixed Matrix Membrane (PI-Z 20 coated)</i>	41
4.5	Pengaruh Tekanan Membran Terhadap Permeabilitas Gas.....	42
4.5.1	<i>Asymmetric Polyimide Membrane (PI-20% coated)</i>	42
4.5.2	<i>Polyimide-Zeolite Mixed Matrix Membrane (PI-Z 20 coated)</i>	42
4.6	Pengaruh Waktu Permeasi Terhadap Pemeabilitas Gas (<i>Polyimide-Zeolit Mixed Matix Membrane (PI-Z 20% Couted)</i>)	43
4.7	Perbandingan Kinerja Transportasi Gas pada Membran Polyimide-Zeolit (PI-Z 20%) Dan Polyimide (PI-20%) Couted	45
BAB V PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	47
5.2	Saran	48
DAFTAR PUSTAKA		49
LAMPIRAN		52

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komponen utama biogas	6
Tabel 2.2	Nilai kalor pembakaran biogas dan natural gas	7
Tabel 2.3	Permeabilitas (P) dan selektivitas (α) gas CO ₂ /CH ₄	14
Tabel 2.4	Permeabilitas dan Selektivitas Membran Polimer	15
Tabel 2.5	<i>Performance</i> membran <i>dense flat films polyimide 6 FDA- Durene</i> untuk pemurnian biogas.....	22
Tabel 2.6	<i>Performance</i> membran polimer	23
Tabel 2.7	Hasil penelitian Chun Cao <i>et al</i> , 2002	24
Tabel 3.1	Variabel yang divariasikan	28
Tabel 4.1	Harga permeabilitas gas dan selektivitas membran	32
Tabel 4.2	Sifat Fisika gas CO ₂ dan CH ₄	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Membran simetrik dan asimetrik	9
Gambar 2.2	Skema pemisahan menggunakan membran	10
Gambar 2.3	Skema teknologi pemisahan gas CO ₂	12
Gambar 2.4	Skema permeasi gas menggunakan membran	13
Gambar 2.5	Mekanisme permeasi gas pada membran	15
Gambar 2.6	Mekanisme transportasi CO ₂ pada membran.....	16
Gambar 2.7	<i>Mixed Matrix Membrane</i>	17
Gambar 2.8	Modul membran <i>Plate and Frame</i>	17
Gambar 2.9	Modul membran <i>Spiral Wound</i>	18
Gambar 2.10	Modul membran <i>Hollowfiber</i>	18
Gambar 2.11	Mode operasi <i>three stage membrane</i> untuk pemurnian biogas	19
Gambar 2.12	Struktur morfologi <i>asymmetric polyimide membrane</i> tanpa coating	20
Gambar 2.13	Struktur Kimia Polyimide, Matrimid 5218	20
Gambar 2.14	Struktur morfologi <i>polyimide-zeolit membrane</i> tanpa coating	21
Gambar 2.15	Instrumentasi alat permeasi biogas	24
Gambar 3.1	Rangkaian alat permeasi biogas untuk pengukuran permeabilitas gas	28
Gambar 3.2	<i>Gas permeation cell</i>	29
Gambar 3.3	Rangkaian alat permeasi gas untuk analisa komposisi gas hasil permeasi.	30
Gambar 4.1	Struktur morfologi <i>asymmetric polyimide membrane</i> , Matrimid 5218	34
Gambar 4.2	Struktur morfologi <i>polyimide-zeolite mixed matrix membrane</i> (MMM)....	36
Gambar 4.3	Permeabilitas gas pada berbagai perlakuan suhu pemanasan sebagai fungsi tekanan pada membran PI-20% coated.....	38
Gambar 4.4	Permeabilitas gas pada berbagai perlakuan suhu pemanasan sebagai fungsi tekanan pada membran PI-Z 20% coated.....	39
Gambar 4.5	Permeabilitas gas pada berbagai perlakuan suhu pemanasan sebagai fungsi tekanan pada membran PI-20% coated.....	40
Gambar 4.6	Permeabilitas gas pada berbagai perlakuan suhu pemanasan sebagai fungsi tekanan pada membran PI-Z 20% coated.....	41

Gambar 4.7	Permeabilitas gas pada berbagai perlakuan suhu dan waktu pemanasan sebagai fungsi waktu permeasi pada membran MMM PI-Z 20% coated.....	44
Gambar 4.8	Perbandingan kinerja transportasi gas.....	46

DAFTAR LAMPIRAN

Pengukuran luas permukaan membran (A_m).....	52
Perhitungan pengukuran permeabilitas gas (P/L)	52
Perhitungan selektivitas membran (α) untuk biogas.....	52
Hasil percobaan membran PI-20% couted.....	52
Hasil percobaan membran PI-Z 20% couted.....	55